

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

## Пояснювальна записка

ДО кваліфікаційної роботи  
(тип кваліфікаційної роботи)  
магістра  
(освітній ступінь)

на тему Розробка технології і засобів технологічного оснащення  
для складання відсіку Ф-1 літака типу АН-148

ХАІ.104.163.23О.134.8073235 ПЗ

Виконав: здобувач(ка) 2 курсу групи № 163  
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»  
(код та найменування)

Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-  
космічна техніка»  
(код та найменування)

Освітня програма «Технології виробництва та  
ремонті літальних апаратів»  
(найменування)

Онопрієнко А. В.  
(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Олександр ГОРЛОВ  
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Юрій ЧОРНИЙ  
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет \_\_\_\_\_ літакобудування \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ технології виробництва літальних апаратів \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_  
Галузь знань \_\_\_\_\_ 13 «Механічна інженерія» \_\_\_\_\_  
(код та найменування)  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» \_\_\_\_\_  
(код та найменування)  
Освітня програма \_\_\_\_\_ «Технології виробництва та ремонту літальних апаратів» \_\_\_\_\_  
(найменування)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Катерина МАЙОРОВА \_\_\_\_\_

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

\_\_\_\_\_ Онопрієнко Андрій Васильович \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ *Розробка технології і засобів техно-*  
*логічного оснащення для складання відсіку Ф-1 літака типу АН-148* \_\_\_\_\_

керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Горлов Олександр Кузміч к.т.н., професор \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 2036 від «23» 11 2023 року



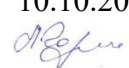
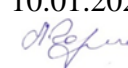
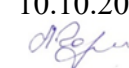
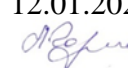
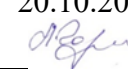
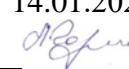
2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи 16.01.2024 р.


3. Вихідні дані до роботи: графік виконання кваліфікаційної роботи; державні та галузеві стандарти; матеріали переддипломної практики, креслення складальної одиниці відсіку Ф-1, операційні карти технологічного процесу складання.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) Конструкторський розділ: модифікація конструкції панелі, конструктивно-технологічний аналіз, технічні умови на виготовлення, аналіз технологічності відсіку Ф-1. Технологічний розділ: розробка і обґрунтування схеми, конструктивно-технологічного членування, Ф-1, схеми складання та ув'язування відсіку Ф-1, вибір схеми складального пристрою, технологічні розрахунки цеху складання носового відсіку фюзеляжу. Економічний розділ: Визначення виробничої та повної собівартості складання Ф-1. Спеціальний розділ: адитивні технології в аерокосмічному виробництві, стан й перспективи.

5. Перелік графічного матеріалу: складальне креслення носового відсіку фюзеляжа транспортного літака, креслення модифікованої панелі, схема членування, схема складання та ув'язування носового відсіку фюзеляжа літака типу Ан-148, цикловий графік складання носового відсіку фюзеляжа літака типу Ан-148, стапель складання носового відсіку фюзеляжа транспортного літака, креслення конструкції фіксатора навішування носової стійки шасі

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Трубаєв С.В. , к.т.н., доцент, зав кафедри 103	 10.10.2023р.	 05.01.2024р
Технологічний розділ	Горлов О.К. к.т.н., професор кафедри 104	10.10.2023р 	10.01.2024р 
Економічний розділ	Горлов О.К. к.т.н., професор кафедри 104	10.10.2023р 	12.01.2024р 
Спеціальний розділ	Горлов О.К. к.т.н., професор кафедри 104	20.10.2023р 	14.01.2023р 

Нормоконтроль  Олександр ГОРЛОВ « 17 » січня 2024 р.  
(підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання « 10 » жовтня 2023 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструкторський розділ	05.2024	
2	Технологічний розділ	10.01.2024	
3	Економічний розділ	14.01.2024	
4	Спеціальний розділ	14.01.2024	

Здобувач



Андрій Онопрієнко

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи



Олександр ГОРЛОВ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

## Анотація

У цій роботі розробляються технологія, оснащення та заходи щодо технологічної підготовки виробництва відсіку Ф-1 фюзеляжу літака Ан-148 та аналіз стану та перспектив адитивних технологій в аерокосмічному виробництві.

У конструкторському розділі було проведено модифікацію панелі бічної правої та розроблено конструкторське креслення відсіку Ф-1. Також проведено розрахунок маси та навантажень, що діють на модифіковану панель.

У технологічному розділі були розроблені схема членування та схема ув'язування для складання відсіку Ф-1, розроблено операційний ТП для складання панелі. Також розроблено стапель складання та цикловий графік для складання відсіку Ф-1.

В економічному розділі проведений розрахунок виробничої та повної собівартість носової частини фюзеляжу.

Спеціальну частину присвячено дослідженню стану та перспектив адитивних технологій в аерокосмічному виробництві.

Усі розрахункові, графічні, оформлювальні роботи виконані за методиками та програмами, прийнятими в авіабудуванні та розробленими на кафедрі 103, 104 із застосуванням сучасних засобів обчислювальної техніки та друку.

## Зміст

Вступ.....	- 7 -
1. Конструкторський розділ .....	- 8 -
1.1. Конструктивно-технологічний аналіз конструкції носового відсіку фюзеляжу .....	- 9 -
1.2. Опис модифікованої панелі .....	- 15 -
1.3. Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками [2] .....	- 18 -
1.4. Технічні умови виготовлення носового відсіку фюзеляжу .....	- 24 -
ТУ на виготовлення носового відсіку фюзеляжу .....	- 24 -
1.5. Аналіз технологічності відсіку Ф-1 .....	- 25 -
Висновок .....	- 28 -
2. Технологічний розділ.....	- 29 -
2.1. Аналіз існуючого виробництва, технологічні заходи щодо підвищення якості виробу і ефективності виробництва .....	- 30 -
Вибір методів підготовки виробництва, планування діяльності підприємства, організація виробничих процесів та їх контроль залежать від характерних особливостей виробництва і його типу. ....	- 30 -
2.2. Схема конструктивно-технологічного членування Ф-1 .....	- 32 -
2.3. Розробка схеми складання та маршрутного технологічного .....	- 34 -
процесу складання відсіку Ф-1 .....	- 34 -
2.4. Розробка схеми ув'язки заготівельної та складальної оснастки для відсіку Ф-1 .....	- 40 -
2.5. Нормування операції маршрутно-операційного технологічного процесу.....	- 44 -
2.6. Обґрунтування способів ведення складального процесу .....	- 46 -
2.7. Розробка операційного технологічного процесу для панелі бічної правої.....	- 47 -
2.8. Розробка схеми базування при складанні носового відсіку .....	- 50 -
2.9. Вибір схеми складального пристрою .....	- 51 -
2.9.1. Складання ТУ на проектування складального пристрою.....	- 51 -
2.9.2. Вибір схеми та компоновання стапеля складання відсіку Ф-1 .....	- 52 -
2.10. Розробка конструкції фіксатора навішування носової стійки шасі.....	- 54 -
2.11. Технічний проект обладнання для механізації складального процесу .....	- 55 -
2.12. Уточнення типу виробництва .....	- 55 -
2.13. Вибір організаційної форми складання відсіку Ф-1 .....	- 56 -
2.14. Розробка циклового графіка складання Ф-1 .....	- 56 -
2.15. Технологічні розрахунки цеху, що проектується.....	- 58 -
2.16. Розробка заходів щодо організації робочих місць .....	66
2.17. Система управління виробництва у цеху .....	67
2.18. Система управління якістю продукції.....	69
3. Економічний розділ.....	72

3.1. Технологічна собівартість складання носової частини фюзеляжу .....	73
4. Спеціальний розділ .....	86
Адитивні технології в аерокосмічному виробництві. Стан і перспективи .....	87
4.2 Класифікація видів адитивного виробництва.....	88
4.3 Основні особливості ринку адитивних технологій .....	89
4.4. Географія ринку адитивних технологій .....	91
4.5 Провідні учасники ринку адитивних технологій .....	91
4.6. Стан та прогноз світового ринку АТ .....	92
4.8 Огляд світового ринку аерокосмічного адитивного виробництва .....	95
4.9 Частка ринку аерокосмічного виробництва за регіонами .....	96
4.10 Приклади використання АТ в аерокосмічному виробництві.....	97
4.11 Прогнози розвитку АТ .....	103
ДОДАТОК.....	106

## Вступ

Аерокосмічна техніка завжди була одним із двигунів науково-технічного прогресу, творцем та споживачем найважливіших досягнень у галузі точного машинобудування, керуючих систем, нових матеріалів та спеціальних технологій. Авіація дає імпульс іншим галузям.

Сучасний період розвитку авіаційної техніки характерний значним прискоренням темпів принципів змін і удосконалень конструкцій літальних апаратів, використанням високоефективних двигунів, різноманітних композиційних матеріалів і нового електронного бортового обладнання, тому створення літаків нового покоління (як військових, так і цивільних) ведеться із застосуванням сучасних методів автоматизованого тривимірного комп'ютерного проектування, прогресивних технологічних процесів, високотехнологічного обладнання.

Складальні роботи займають особливе місце у літакобудуванні. Підвищення якості складальних робіт суттєво впливає на ефективність всього авіаційного виробництва, оскільки трудомісткість складання складає 45...50% загальної трудомісткості виготовлення літака. Складання відрізняється від інших технологічних процесів тим, що її складовими частинами є різноманітні, задіяні фізично різнорідні процеси установки, клепки, зварювання, склеювання тощо.

Основні принципи сучасного складального виробництва:

- застосовується безплатове виробництво;
- застосовується безстапельне складання;
- застосовуються новітні високошвидкісні верстати з числовим програмним управлінням (ВЧПУ);
- ведеться автоматизоване проектування оснащення та технологічної документації;
- проводиться перепідготовка та підвищення кваліфікації інженерного складу, майстрів, обслуговуючого персоналу ВЧПУ і робітників-складальників.

## **1. Конструкторський розділ**



## 1.1. Конструктивно-технологічний аналіз конструкції носового відсіку фюзеляжу

Пасажи́рський літак типу Ан-148 призначений для перевезення до 80 пасажирів в економічному класі, багажу, пошти та вантажів на внутрішніх та міжнародних авіалініях з максимальною дальністю польоту від 2200 до 5100 км та можливістю базування на ЗПС зі штучним покриттям та підготовлених ґрунтових ЗПС. Крейсерська швидкість польоту 820-870 км/год.

Літак Ан-148 виконаний за схемою високоплана із двигунами Д-436-148, розміщеними на пілонах під крилом. Це дозволяє підвищити рівень захищеності двигунів та конструкції крила від пошкоджень сторонніми предметами. Наявність бортової системи реєстрації стану літака, а також високий рівень експлуатабельності та надійності систем дозволяють використовувати Ан-148 на мережі технічно слабких аеродромів.

Сучасне пілотажно-навігаційне та радіозв'язкове обладнання, застосування багатофункціональних індикаторів, електродистанційних систем керування польотом літака дозволяють використовувати Ан-148 на будь-яких повітряних трасах, у простих та складних метеоумовах, вдень та вночі, у тому числі на маршрутах з високою інтенсивністю польотів за високого рівня комфорту для екіпажу.

Комфорт пасажирів забезпечується на рівні комфорту на магістральних літаках та досягнуто раціональним компонованням та складом сервісних приміщень, глибокою ергономічною оптимізацією загального та індивідуального простору пасажирського салону, застосуванням сучасних крісел, дизайну та матеріалів інтер'єру, а також створенням комфортних кліматичних умов та низького рівня шуму. Раціонально обрана довжина пасажирського салону та розміщення пасажирів у ряду за схемою 2+3 дозволяють силами експлуатанта отримати різні однокласні та змішані компоновання в діапазоні 55-80 пасажирів із салонами економічного, бізнес та першого класу. Високий ступінь наслідування конструктивно-технологічних рішень та експлуатаційної уніфікації Ан-148 з успішно експлуатованими літаками «Ан», використанням «Hi-Tech» компонентів обладнання та систем вітчизняного та зарубіжного виробництва забезпечують літаку Ан-148 високий конкурентний рівень економічної ефективності, технічної та експлуатаційної досконалості [1].

Технічне обслуговування літака Ан-148 засноване на задоволенні вимог міжнародних стандартів (ICAO, MSG-3) та забезпечує підтримку льотної придатності літака в межах життєвого циклу експлуатації станом з інтенсивністю до 300 год на місяць за мінімізації витрат на ТО (1,3 чол- год на 1 годину нальоту).

Літак Ан-148 створюється на базі авіаційних правил і норм АП-25, FAR-25 та JAR-25, глави IV вимог ІСАО щодо шуму на місцевості та Додатка 16 тома II щодо емісії авіаційних двигунів.

Розробка Ан-148 виконується на основі CALS-технологій та системи якості ISO 9000/9001-2000 з використанням 3-мірного проектування, що дозволяє підвищити якість конструкторської документації та проектних рішень, зменшити час та витрати у виробничому процесі, а також покращити супровід літака у його життєвому циклі. Загальний вигляд літака показано рисунку 1.1.

Літно-технічні характеристики Ан-148 представлені у вигляді таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 - ЛТХ

Модифікація	Ан-148
Розмах крила, м	28,91
Довжина літака, м	29,13
Висота літака, м	8,19
Площа крила, м <sup>2</sup>	87,32
-маса, кг	
-порожній літак	22490
-максимальна злітна	37780
-палива	12100
Тип двигуна	2 ТРДД Д436-148
Крейсерська швидкість, км/год	820-870
Практична дальність, км	
-з максимальним завантаженням	1070
Практична стеія, м	12500
Екіпаж, чол	2+3
Корисне навантаження:	80 пасажирів або до 9000 кг вантажу

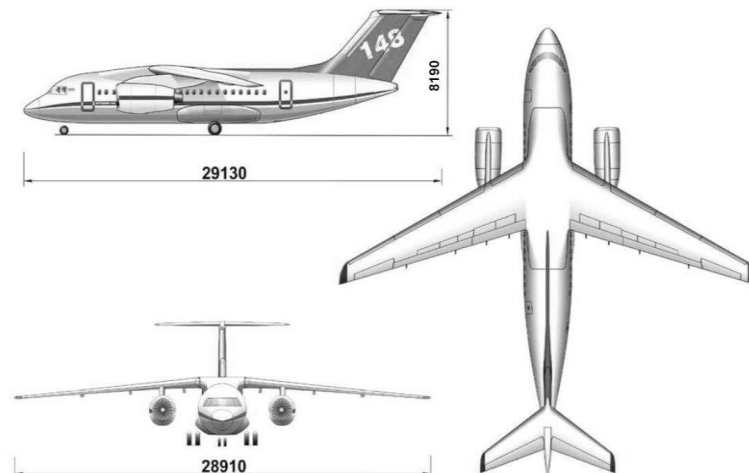


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд літака Ан-148

Фюзеляж літака являє собою тонкостінну каркасну оболонку циліндричної форми в середній частині та конічної форми з подвійною кривизною носової та хвостової частин. Герметична частина фюзеляжу обмежена шпангоутами № 1 і 42.

Фюзеляж складається із трьох відсіків:

- носова частина Ф-1 (шп.1-12);
- середня частина Ф-2 (шп.12-33);
- хвостова частина Ф-3 (шп.33-50).

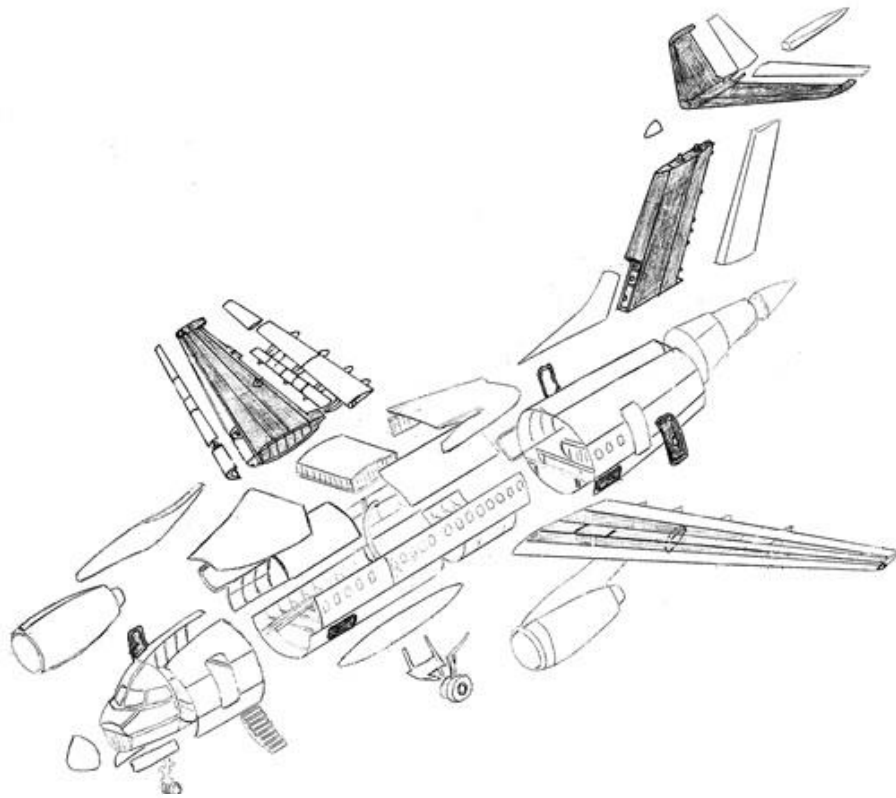


Рисунок 1.2 – Схема членування Ан-148

Можливі два варіанти складання фюзеляжу:

- кожен із відсіків можна незалежно скласти у своїх складальних пристроях (стапелях), стикування остаточно складених відсіків Ф-1, Ф-2 та Ф-3 виконують з використанням спеціального стенду (рисунок 1.3).

- стикування відсіків виконують в процесі складання відсіку Ф-2 на основі складеного відсіку підлоги пасажирської кабіни та панелей Ф-2.

Силові та герметичні шпангоути мають збірно-кльопану або монолітно-збірну конструкцію.

Підлога кабіни екіпажу складається із металевого настилу, герметичного над нішою передньої опори шасі, експлуатаційного лючка та легкознімної панелі, виконаних для доступу до обладнання систем у підпільному просторі.



Рисунок 1.3 – Приклад стикування відсіків фюзеляжу Ан-148

У середній частині фюзеляжу виконаний центральний силовий відсік, в якому до силових шпангоутів № 18 і 23 і поздовжніх балок між ними кріпиться центроплан крила, а до силових шпангоутів № 25 і 27 кріпляться стійки основних опор шасі.

У фюзеляжі між шпангоутами № 7 і 42 розташована пасажирська кабіна, в якій є підлога, бортові вікна, передні вхідні двері з вбудованим трапом, задні вхідні двері, дві службові двері, нижче підлоги пасажирської кабіни у фюзеляжі є два багажні люки.

Підлога складається з бічних та центральних легкознімних панелей, виконаних з композиційних матеріалів, поперечних балок, бортових кутів та поздовжніх рейок з пазами.

Ніша для розміщення основних опор шасі обмежена з торців герметичними низами шпангоутів № 25 та 27, на яких є вузли навішування стійок шасі, а зверху – герметичною панеллю підлоги пасажирської кабіни. Зовні літака ніша закрита чотирма стулками, виготовленими з КМ.

Зовні літака розташовані заліз крила та обтічник основних опор шасі, які використовуються для розміщення обладнання.

Для забезпечення огляду конструкції фюзеляжу та центроплану крила на літаку передбачена можливість зняття бічних панелей підлоги в пасажирській кабіні, а також усіх частин обтічника основних опор шасі та панелей заліза крила разом із їх діафрагмами.

Основні конструктивні матеріали, застосовані у фюзеляжі:

- 1163АТВ та 1163АМВ, Д16чАТВ – обшивки;
- Д16чТ, В95ПчТ2, Д16АМ-типові стрінгери;
- 1163АМВ, Д16чАМ-типові шпангоути;
- 1933Т3 – силові шпангоути та кронштейни;
- 1163АМВ, АТВ - підкладні листи в гермозонах, в інших зонах-Д16чАМ.

Максимальні габарити заготовок обшивок одинарної та подвійної кривизни не більше 2000х7000мм. Типова довжина заготовок для стрінгерів – не більше 7000мм. Конструктивно-технологічні рішення, що впливають на технологію виготовлення фюзеляжу:

- застосування клеєних металевих конструкцій автоклавного склеювання із використанням клею ВК-51А;
- застосування заклепок підвищеного ресурсу та герметичності із зменшеною висотою потайної заставної головки для панелей фюзеляжу.

Форма носової частини, як і форма всього фюзеляжу, визначається за умов аеродинаміки, призначення (експлуатаційні вимоги), компоновання, технології.

Якщо враховувати лише аеродинамічні вимоги, то фюзеляж є осесиметричним тілом обертання з плавно звужуючими носовою і хвостовою частинами (мають подовження, що залежать від швидкості польоту літака). Для носових частин фюзеляжу дозвукових літаків характерна значно більша криволінійність, що утворюють у порівнянні з хвостовою частиною. Це пов'язано з меншим подовженням та меншою загостреністю (вигідна краплеподібна форма) носової частини.

Умови огляду з пілотської кабіни надають виду носової частини фюзеляжу літака своєрідний обрис, що характеризується значним виступом вперед її нижньої частини. Ця особливість притаманна і цивільним, і військовим літакам різних розмірів. Вона обумовлена тим, що нижче за пряму, проведену від ока льотчика вперед і вниз через нижню межу скління, міститься зона, де можна розташувати без шкоди для огляду подовжену носову частину фюзеляжу (рисунок 1.4). Ця можливість завжди використовується, оскільки вона вигідна і аеродинамічно (загострюється ніс), і компоновочно (у подовженій носовій частині розміщують антени радіолокаторів або інше обладнання).

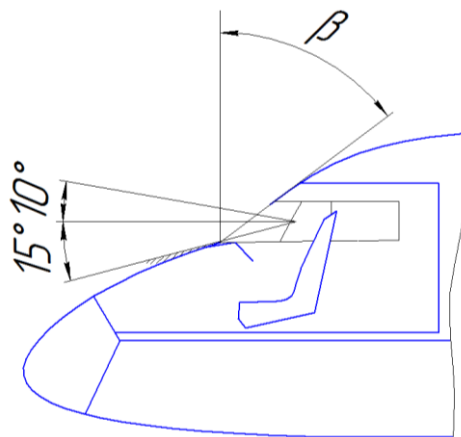


Рисунок 1.4 – Форма носового відсіку фюзеляжу

Щоб знизити аеродинамічний опір, максимально відхиляють шибки кабіни від вертикального положення. Але таке відхилення обмежене проявом при значенні кута  $\beta \geq 70^\circ$  ефекту повного внутрішнього відбиття (промінь, що падає під таким кутом, не проходить крізь скло, тобто льотчик буде бачити в склінні тільки відображення нутроців кабіни). Тому для дозвукових літаків рекомендоване значення  $\beta = 50...55^\circ$ .

Ліхтарі пілотських кабін, що виступають у вигляді надбудови, виконуються для зниження аеродинамічного опору зі значним подовженням.  $\lambda_{фон} \geq 4...6$  ( $\lambda_{фон}$  – відношення довжини ліхтаря до ширини або висоти). Поперечний переріз ліхтаря утворюється дугою кола – для кращого сприйняття конструкцією надлишкового тиску у гермокабіні.

Проектування силової конструкції є частиною завдання проектування літака. Тому високі вимоги, що пред'являються до досконалості літака за масою та аеродинамікою, повною мірою відносяться і до окремих його елементів. Фюзеляж є будівельною основою конструкції літака, він об'єднує у силовому відношенні всі його частини.

Основними вимогами до конструкції фюзеляжу є:

- мінімальне збільшення лобового опору, що досягається плавним поєднанням поверхонь фюзеляжу з крилом і оперенням;
- раціональні форми, розміри та конструкція фюзеляжу, що дозволяють зручно розмістити в ньому екіпаж, пасажирів, обладнання та вантажі;
- забезпечення хорошого огляду у кабіні екіпажу;
- можливість механізації робіт із завантаження та розвантаження літака;
- зручність підходів до різних агрегатів, розміщених у фюзеляжі, для їх огляду та ремонту;
- звукоізоляція;
- забезпечення необхідних життєвих умов та певного рівня комфорту пасажирів та екіпажу на великій висоті;
- можливість швидкого та безпечного аварійного залишення літака;
- компоновання вантажних кабін має передбачати розміщення основних вантажів, що зберігає задані центрування літака.

У носовій частині фюзеляжу літака Ан-148 виділено такі підбірки:

- нижній відсік з підлогами та нішою шасі (шп1-12, стор.7 л/пр.);
- верхні секції панелей з каркасом ліхтаря (шп1-12, стор.17 л/пр.).

Панелі носової частини подвійної кривизни з'єднані між собою поздовжніми стиками. Поздовжні стики панелей виконані «внахлест». Поперечні стики панелей виконані "встик".



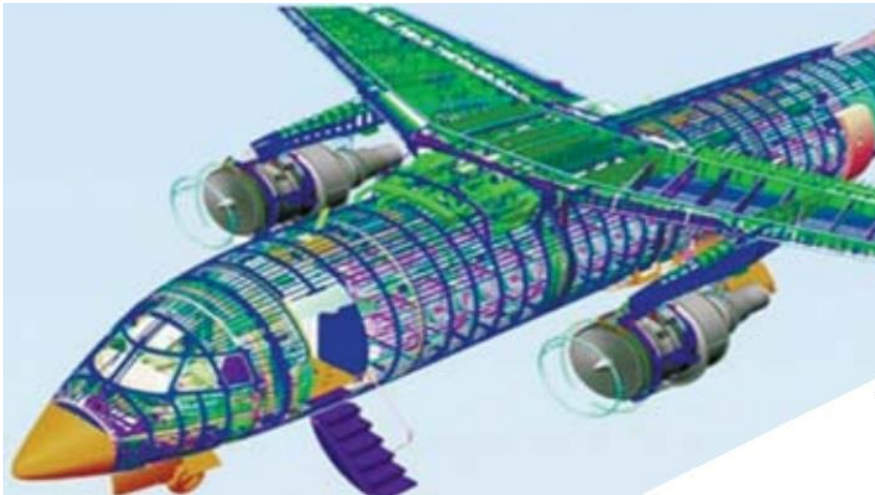


Рисунок 1.3 3-D модель Ан-148

Як по поздовжнім, так і поперечним стикам панелей клепка виконана заклепками В65. Зазори по поперечним стикам заповнюються герметиком УЗО-МЕС-5М.

Ліхтар є звареною конструкцією зі сталевих (СР1-2А) профілів.

Всі панелі збірні, стрінгера типу виконані з листа 1163АМВ товщиною 2мм. Стрингери кріпляться до обшивки за допомогою заклепувального з'єднання. Стрингери мають кутовий переріз, виконані з Д16АМ. Кріплення секцій обводів здійснюється за допомогою заклепувальних з'єднань.

Нижній відсік носової частини складається з підлоги пілотів з нішою шасі, шпангоуту 1, низинок шпангоутів 2-12 та нижніх панелей. Підлога пілотів виконана з листа Д16Т товщиною 2,5мм з приклепаними стрінгерами кутового перерізу.

Застосування клеєклепаних та клейозварювальних сполук покращує вібростійкість та ресурс літака.

Конструкторське креслення відсіку Ф-1 представлено у додатку.

## 1.2. Опис модифікованої панелі

Панель, що розробляється, призначена для літака типу Ан-148, який використовується для перевезення пасажирів, багажу, пошти, вантажів на регіональних і ближніх магістральних авіалініях і має можливість експлуатації як на ЗПС зі штучним покриттям, так і на ґрунтових ЗПС.

Панель є обшивкою, підкріпленою стрінгерним набором, яка спирається на шпангоути у фюзеляжі. Це найпоширеніший конструктивно-силовий елемент планера літака.

Основним призначенням підкріплених обшивок є надання планеру літака аеродинамічної форми та захист екіпажу, пасажирів, обладнання та вантажів від

потоків повітря, що набігає. Обшивка працює спільно з підтримуючими її стрінгерами на розтягування-стиск (на нормальні напруги) від дії згинальних моментів і на зсув (на дотичні напруги) від дії поперечних сил і моменту, що крутить.

Однією з найважливіших завдань конструктора є: домогтися, щоб сприйняття і передача сил здійснювалися за мінімальної маси конструкції, що задовольняє вимогам аеродинаміки, достатньої міцності та жорсткості, технологічності, вартості та інших обмежень. Так як панелі складають іноді 30 ... 50% маси агрегату, завдання проектування агрегату з мінімальною масою є важливим.

У зв'язку зі збільшеними вимогами до сучасних літальних апаратів все більш широке застосування отримують конструкції з високою питомою міцністю, що складаються з меншої кількості деталей, що з'єднуються в єдине ціле за допомогою склеювання. Вирішення цього питання полегшується застосуванням шаруватих конструкцій зі стільниковим або іншим заповнювачем.

Шаруваті конструкції є листовими обшивками, між якими знаходиться заповнювач, що забезпечує спільну роботу обшивок і необхідну жорсткість конструкції.

Як заповнювачі в шаруватих конструкціях застосовуються:

- стільникові заповнювачі, що виготовляються з різних матеріалів: алюмінієві, склотканини, титанові сплави, нержавіючі сталі тощо;
- заповнювачі у вигляді гофра;
- заповнювачі вафельного типу;
- заповнювачі з пінопласту.

Заповнювач надає конструкції жорсткість, підвищену стійкість, термо-, звуко-, електроізоляційні властивості.

Гофрові конструкції є одним з різновидів шаруватих і є поєднанням обшивок і гофрового заповнювача, розташованого між ними.

Загальна стійкість гофрових конструкцій у багато разів перевищує стійкість листів, що входять до неї. Це тим, що вона має момент інерції перерізу значно більший, ніж одношарова конструкція тієї ж ваги, оскільки несучі шари перебувають у певній відстані один від одного (10-30мм).

Підвищена стійкість гофрових конструкцій при стисканні та зсуві дозволяє конструювати їх без підкріплення поздовжнім набором зі збільшенням відстаней між шпангоутами. Панелі з гофровим заповнювачем, володіючи високою стійкістю, дозволяють застосовувати несучі обшивки товщиною 0,3-0,6 мм, що дуже важливо для зниження ваги конструкції.

Гофрові конструкції мають такі суттєві переваги перед конструкціями, виконаними з обшивок, підкріплених стрінгерами та шпангоутами:

- велику питому міцність (відношення межі міцності до маси);
- кращі характеристики втомної міцності;



- проектування збірних вузлів потребує меншої трудомісткості;
- включають меншу кількість деталей, що становлять вузол або агрегат.

Застосовуються гофрові заповнювачі з різною формою клейки, паяння та зварювання. Широкого поширення набули заповнювачі з трапецієподібною формою осередку, оскільки вони більш технологічні, мають найбільшу площу гофрової поверхні і, отже, площу склеювання з обшивкою. Розмір осередку визначається довжиною її меж.

Гофрові конструкції виготовляють із дренажними отворами або без них.

Конструкції з гофровим заповнювачем застосовують у різних галузях народного господарства, але їх високі характеристики міцності і мала вага знайшли широке застосування в літакобудуванні. Прикладом такого широкого застосування можуть бути літаки: С-5А, С-141, L-1011 фірми Lockheed; В-727, В-747, В-777, В-2 фірми Воing; і т.д.

Площа шаруватих конструкцій із алюмінієвих сплавів в окремих випадках досягає сотні квадратних метрів.

Для виготовлення гофрових заповнювачів застосовують листи та фольгу. Гофровий заповнювач виготовляється на звичайних формувальних штампах (рисунок 1.6) з наступним прокатуванням-калібруванням. Заповнювачі виготовляються на спеціальних штампах: спочатку утворюють рифти, зіги, потім - гофр з наступним калібруванням.

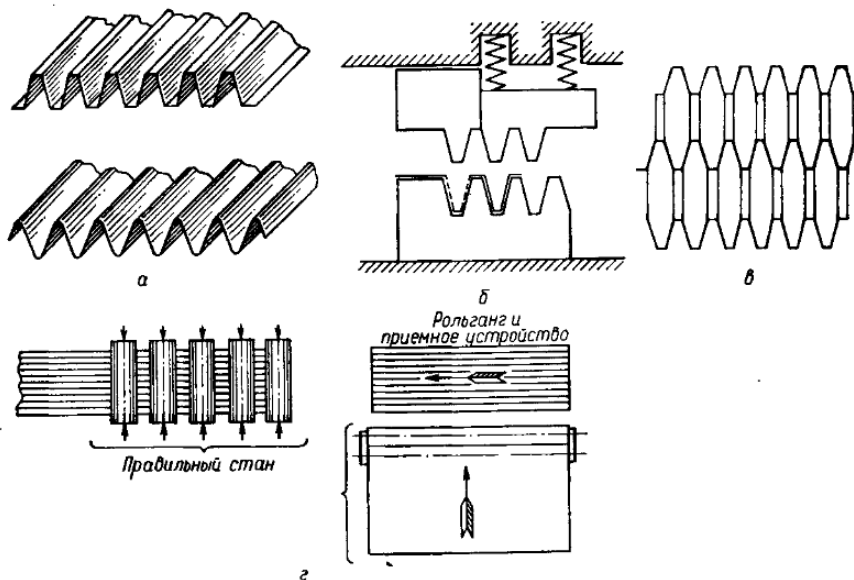


Рисунок 1.6 – Схема технологічного процесу отримання гофрового заповнювача: а – типи гофри; б - штампування гофри; в - прокатка гофри; г - схема установки для отримання гофри

Всі перераховані вище переваги привели до вибору як модифікованого варіанта частини конструкції, що збирається, варіант шаруватої панелі з трапецієподібним гофровим заповнювачем.

При цьому мала на меті за рахунок застосування шаруватих панелей у конструкції зменшити кількість стрінгерів, отримати виграш у вазі без зниження міцності.

### 1.3. Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками [2]

Ця панель входить у складання відсіку Ф-1: панель бічна права (шпангоути 6-12, стрінгери 17-27). Так як конструкція панелі змінилася, то необхідно провести розрахунок міцності.

Для розрахунку модифікованої панелі (рисунок 1.7) необхідно знати величини навантажень, що діють у зоні розташування панелі.

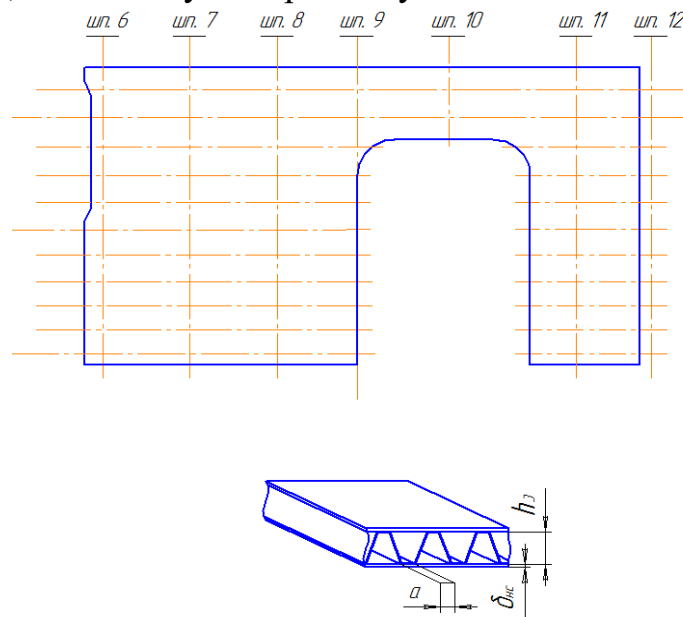


Рисунок 1.7 – Панель із гофровим заповнювачем

Ці величини беруться із графіків аеродинамічних продувок, що є на підприємстві.

Згинальний момент, що навантажує панель нормальними напругами, дорівнює:

$$M_{зг. max} = 264,7 \text{ (кН}\cdot\text{м)};$$

$$M_{зг. min} = 123,4 \text{ (кН}\cdot\text{м)};$$

Крім того, панель навантажена поперечною силою  $Q = 25,1 \text{ (кН)}$  і моментом, що крутить,  $M_{кр} = 31,5 \text{ (кН}\cdot\text{м)}$ .

Вихідними даними для розрахунку навантажень є  $M_{зг}$  та поперечний переріз фюзеляжу.

Для круглого перерізу  $M_{зг}$  сприймається панелями верхнього та нижнього обводів. В них діють поздовжні сили:

$$R_{пан} = M_{зг} / H$$

де  $H = 0,9D$

При обтіканні повітряним потоком на поверхні фюзеляжу виникають місцеві аеродинамічні навантаження, які можуть досягати величини:  $P_{н.аер} = (0,7 \dots 1,0) \cdot 105 \text{ Па}$ .

У герметичних фюзеляжах діють значні розподілені навантаження від надлишкового внутрішнього тиску:  $P_{над} = (0,4 \dots 0,8) \cdot 105 \text{ Па}$ .

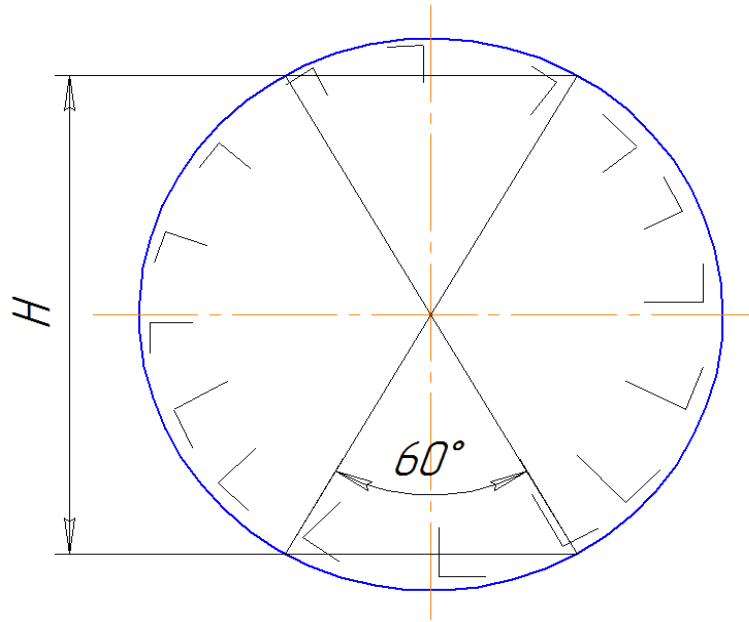


Рисунок 1.8 – Поперечний переріз фюзеляжу

Сумарне розподілене навантаження від  $P_{н аер}$  і  $P_{над}$  в середньому становить:

$$P_{\Sigma} = (1,1 \dots 1,8) \cdot 105 \text{ Па}$$

Для розрахунку на міцність модифікованої панелі необхідно визначити параметри панелі з гофровим заповнювачем:

$\delta_{нш}$  - Товщина несучих шарів;

$hз$  - висота гофрового заповнювача;

$a$  – розмір гофрового осередку;

$Sз$  - Товщина фольги гофрового заповнювача.

Матеріали шаруватої конструкції:

1) несучий шар – Д16АТ;

2) гофри - АМГ2Н;

3) клей – ВК-32-200.

Необхідні параметри панелі знаходяться з умов, що вага 1м<sup>2</sup> панелі зі стільниковим заповнювачом дорівнює вазі 1м<sup>2</sup> обшивки Д16АТ товщиною 1мм.

Вага 1м<sup>2</sup> листа з Д16АТ завтовшки 1мм:

$$G = F \cdot \delta \cdot \rho = 1 \cdot 0,001 \cdot 2780 = 2,78 \text{ кг}$$

Визначаються параметри панелі з гофровим заповнювачем, виходячи з інтенсивності навантажень, будівельної висоти та габаритів панелі:

$$\delta_{nc}=0,6\text{мм}; S_{зап}=0,03\text{мм}; a = 6\text{мм}; h = 12\text{мм}.$$

Проводиться розрахунок на міцність тришарової панелі, попередньо зробивши наступні припущення: панель працює на стиск і тому критичні напруження визначаються за емпіричними формулами, справедливими як до, так і за межами пропорційності:

$$\sigma_{кр} = \sigma_B \frac{1 + \nu}{1 + \nu + \nu^2};$$

$$\tau_{кр} = \tau_B \frac{1 + \nu}{1 + \nu + \nu^2};$$

де  $\sigma_B$  – тимчасовий опір матеріалу при розтягуванні;

$\tau_B$  – тимчасовий опір при зсуві.

$$\nu = \sigma_B / \sigma'_{кр}; \nu = \tau_B / \tau'_{кр};$$

де  $\sigma'_{кр}, \tau'_{кр}$  – критичні напруження стиснення і зсуву до межі пропорційності.

Введемо коефіцієнт  $\frac{1}{(1 + g)^2} < 1$ , який враховує несправність гіпотези плоских перерізів для тришарової панелі.

Тоді  $\sigma_{кр}' = \frac{1}{(1 + g)^2} \sigma_{про}$ , де  $\sigma_{про}$  – Критична напруга, підрахована за умови справності гіпотези плоских перерізів для тришарової панелі.

$$g = \frac{10,8 \cdot h \cdot S \cdot E_{nc}}{b^2 \cdot G};$$

де  $E$  – модуль пружності несучих шарів;

$G$  – модуль зсуву матеріалу заповнювача.

$$G_0 = \frac{43E_H \cdot J_{пог}}{b^2 \cdot F_{пог}};$$

де  $J_{пог}$  – погонний момент інерції;

$F_{пог}$  – площа поперечного перерізу панелі.

$$J_{пог} = 2\delta_H \left( h_3 + \frac{\delta_H}{2} \right)^2 \approx 2\delta_H \cdot h_3^2$$

$F_{пог} = 2\delta_H$  тоді отримуємо

$$\sigma_0 = \frac{43E_{nc}}{(b/h_3)^2} \Rightarrow \sigma'_{кр} = \frac{1}{(1 + g)^2} \cdot \frac{43E_{nc}}{(b/h_3)^2}.$$

Необхідні дані щодо матеріалів несучих шарів та гофрового заповнювача [1]:

Для Д16АТ:

$$E_H = 7200 \text{ кгс/мм}^2; \tau_B = 31 \text{ кгс/мм}^2; S_H = 27 \text{ кгс / мм}^2; \sigma_B = 47 \text{ кгс/мм}^2;$$

$$\gamma=2,75\text{г/см}^3; \mu=0,33.$$

Для АМГ2Н:

$$E_H=7000\text{кгс/мм}^2; \tau_B=31\text{кгс/мм}^2; \sigma_3=27\text{кгс/мм}^2; \sigma_B=27\text{кгс/мм}^2;$$

$$\gamma=2,68\text{г/см}^3; \mu=0,3.$$

Виконуємо обчислення:

$$g = \frac{10,8 \cdot h_3 \cdot \delta_{HC} \cdot E_H}{b^2 \cdot G_3} = \frac{10,8 \cdot 12 \cdot 0,6 \cdot 7200}{270^2 \cdot 20,24} = 0,04,$$

$$\sigma'_{KP} = \frac{1}{(1+0,04)^2} \cdot \frac{43 \cdot 7200}{\left(\frac{270}{12}\right)^2} = 565\text{кгс/см}^2.$$

Критична напруга зсуву для тришарової панелі до межі пропорційності визначається:

$$\tau'_{KP} = \frac{10,8R_1 \cdot E_H}{\left(\frac{b}{h_3}\right)^3}, \text{ де } R_1 - \text{ залежить від } a/b \text{ для різних } g, R_1 = 4,2.$$

$$\tau'_{KP} = \frac{10,8 \cdot 4,2 \cdot 7200}{\left(\frac{270}{12}\right)^2} = 645.$$

$$\nu' = \frac{31}{645} = 0,05,$$

$$\tau'_{KP} = 31 \frac{1+0,05}{1+0,05+0,05^2} = 30,9.$$

Визначаємо нормальні та дотичні напруги. Сила, що перерізує, і згинальний момент беруться з графіків аеродинамічних продувок фюзеляжу:

$$Q=25,1(\text{кН}); M_z = 123,4 (\text{кН}\cdot\text{м}); M_{кр} = 31,5 (\text{кН}\cdot\text{м}).$$

$$\tau_0 = \frac{Q}{5,3R \cdot \delta_{HC}} = \frac{25,1 \cdot 10^3}{5,3 \cdot 1,55 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}} = 509\text{МПа},$$

$$\sigma_0 = \frac{3M_{изг}}{2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \delta_{HC}} = \frac{3 \cdot 123,4 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,41^2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}} = 49,4\text{МПа},$$

$$\tau = \frac{M_{кр}}{2\pi R^2 \cdot 2\delta_{HC}} = \frac{31,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,41^2 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}} = 2,1\text{МПа}.$$

Розглянемо випадок навантаження гермокабіни. Навантаження на гермокабіну надлишковим тиском у випадках:

1. Політ максимальної висоті  $P_p = -0,075\text{кг/см}^2$ .

2. Розрядження всередині гермокабіни  $P_p = -0,075\text{кг/см}^2$ .

Розглянемо одночасну дію внутрішнього тиску  $P=0,85\text{кг/см}^2$ .

Поздовжні зусилля в обшивці:

$$T_{пр} = 1/2 \cdot P \cdot R = 1/2 \cdot 0,85 \cdot 1,41 = 60\text{кг/см}^2, \text{ де } R = D_{ф} / 2 = 2820/2 = 1410\text{мм}.$$

$$\text{Кільцеві зусилля в обшивці: } T_k = P \cdot R = 0,85 \cdot 141 = 120\text{кг/див}.$$

$$\text{Поздовжні напруги в обшивці: } \sigma_{пр} = \frac{T_{пр}}{\delta_{пр}}, \text{ де } \delta_{пр} = \delta + \frac{F_{СТР}}{b},$$

$$\delta_{пр} = 0,1 + \frac{0,686}{2} = 0,443 \text{ см},$$

$$\sigma_{пр} = \frac{60}{0,443} = 135 \text{ кг/см}^2$$

В результаті розрахунків виходить, що напруги, що діють, менше критичних.

Кільцева напруга в обшивці:  $\sigma_{до} = T_k / \delta_{пр} = 120 / 0,443 = 270,9 \text{ кг/см}^2$

Деформації гермошпангоутів у своїй площині незначні та не враховані.

Розрахуємо типові шпангоути:

У запасі міцності обшивка прийнята постійною товщиною.  $\delta = 1,0 \text{ мм}$ .

Від впливу внутрішнього тиску  $P_p = 0,975 \text{ кг/см}^2$  радіус циліндричної частини гермокабіни збільшується на величину  $W = \frac{PR^2}{E\delta} \left(1 - \frac{V}{2}\right)$  (Рисунок 1.9):

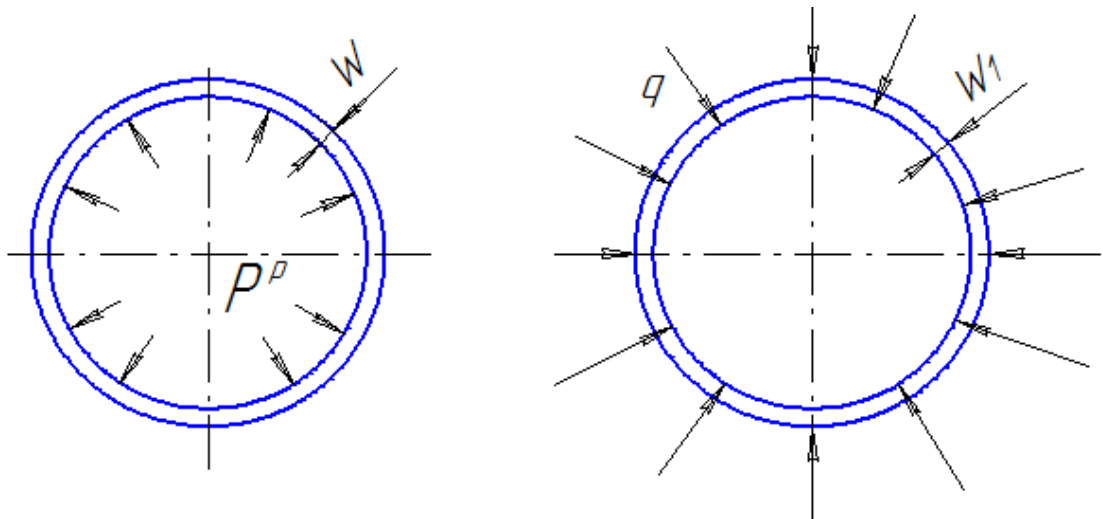


Рисунок 1.9 – Циліндрична частина гермокабіни

$$W = \frac{0,975 \cdot 1,41^2 \cdot 10^4}{7,2 \cdot 10^5 \cdot 0,1} \left(1 - \frac{0,3}{2}\right) = 0,27 \text{ див.}$$

Від дії зусилля шпангоуту радіус кабіни зменшується на  $W_1$ :

$$W_1 = \frac{g \cdot \lambda \cdot R^2}{2E \cdot \delta}, \text{ де } \lambda = \sqrt[4]{\frac{3(1-\nu^2)}{R^2 \cdot \delta^2}} = \sqrt[4]{\frac{3(1-0,3^2)}{1,41^2 \cdot 0,1^2 \cdot 10^4}} = 0,34 \text{ см}^{-1}$$

Розмір радіусу шпангоуту в той же час збільшується на  $\delta = \frac{gR^2}{E \cdot F_{шп}}$

$\delta = W - W_1$  – радіальне переміщення шпангоуту

$$\frac{P \cdot R^2}{E \cdot \delta} \left(1 - \frac{V}{2}\right) - \frac{g \cdot \lambda \cdot R^2}{2E \cdot \delta} = \frac{g \cdot R^2}{E \cdot F_{шп}} \Rightarrow g$$

$$g = P \frac{1 - \frac{V}{2}}{\frac{\delta}{F_{шп}} \cdot \frac{\lambda}{2}} = 0,975 \cdot \frac{1 - \frac{0,3}{2}}{\frac{0,1}{1,16} \cdot \frac{0,34}{2}} = 5,6 \text{ (Кг/см)}.$$

Зусилля у шпангоуті від внутрішнього тиску:  $T_k = g \cdot R = 5,6 \cdot 141 = 797,4$  кг  
 Напруга в шпангоуті:

а) у регулярному перерізі:  $\sigma_{до} = T_k / F_{шп} = 797,4 / 1,16 = 687,4$  кг / см<sup>2</sup>;

б) у перерізі по просічці:

$\sigma_{до} = 797,4 / 0,686 = 1162,3$  (кг/см<sup>2</sup>);  $\eta = [\sigma] / \sigma_{до} = 3840 / 1162,3 = 3,3 > 1$ ,

де  $[\sigma]$  Д16АТ = 3840 кг/см<sup>2</sup> при  $\delta$  (0,5 ... 1,9) мм;

$[\sigma] = \sigma_v / K_k = 4150 / 1,08 = 3840$  кг/см<sup>2</sup>.

Радіальна деформація шпангоутів:

$$\delta = W_{шп} = \frac{g \cdot R^2}{E \cdot F_{шп}} = \frac{5,6 \cdot 1,41^2 \cdot 100^2}{7,2 \cdot 10^5 \cdot 1,16} = 0,13 \text{ див.}$$

Додаткові зусилля визначаємо для панелі, що має мінімальну товщину  $\delta = 1$  мм.

Додаткові кільцеві зусилля:  $T_K^0 = -\frac{E \cdot \delta}{R} (W - W_{шп}) \cdot e^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \sin \lambda x)$

$$T_K^0 = -\frac{7,2 \cdot 10^5 \cdot 0,1}{141} (0,27 - 0,13) e^{-0,34x} (\cos 0,34x + \sin 0,34x);$$

при  $x = 0$ ,  $T_{K \max}^0 = -71,5$  кг/див.

Поздовжній згинальний момент:  $M_{PP}^0 = -2D\lambda^2 (W - W_{шп}) e^{-\lambda x} (\sin \lambda x - \cos \lambda x)$ .

$$D = \frac{E \cdot \delta^3}{12(1-\nu^2)} = \frac{7,2 \cdot 10^5 \cdot 0,1^3}{12(1-0,3^2)} = 66$$

при  $x = 0$ ,  $M_{PP}^0 = -2 \cdot 66 \cdot (-0,34) \cdot 2 \cdot (0,27 - 0,13) \cdot e^{-\lambda x} (\sin \lambda x - \cos \lambda x)$ ;  $M_{PP}^0 = 2,14$  (кгс/см).

Визначимо напругу в обшивці у перерізі за типовим шпангоутом. Обшивка з'єднана зі шпангоутом по всьому контуру.

Поздовжні напруги:  $\sigma_{PP \max} = \frac{T_{PP}}{\delta_{PP}} + \frac{6M_{PP}^{доп}}{\delta^2} = \frac{60}{0,443} + \frac{6 \cdot 2,14}{0,1^2} = 1419$  кг/см<sup>2</sup>

Кільцеві напруги:  $T_k = P \cdot R$

$$\sigma_K = \frac{T_K + T_K^{доп}}{\delta} = \frac{120 + (-71,5)}{0,1} = 485$$
 кг/см<sup>2</sup>

Зусилля на заклепувальний шов:

$$P_3 = P_p \cdot F_{пан} = 0,975 \cdot 340 \cdot 110 = 36465 \text{ кг}$$

$$n = \frac{4P_3}{\sigma_p \cdot \pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 36465}{400 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,003^2} = 130$$

З конструктивних міркувань вибираємо 200 заклепок.

Перевіримо панель на зминання:

$$\sigma = \frac{P_3}{\delta \cdot d \cdot \pi \cdot l} = \frac{364650}{3,14 \cdot 0,001 \cdot 0,003 \cdot 200} = 193,5 < 270 \text{ МПа}$$

Заклепувальний шов при навантаженнях з числом заклепок  $n=200$  відповідає вимогам міцності.

Параметри тришарової панелі підбиралися з умови рівності ваги  $1\text{ м}^2$  тришарової панелі та  $1\text{ м}^2$  листа з Д16АТ завтовшки 1мм. Таким чином, обшивка базової конструкції та тришарова обшивка рівні за вагою та у ваговому порівнянні їх можна не враховувати.

Розрахунок маси панелі:

Площа поверхні, зайнятої панеллю, становить  $2,52\text{ м}^2$ ; зміна ваги відбулася за рахунок скорочення числа стрингерів; зменшення кількості заклепок призвело до зменшення маси конструкції:

$$M_{\text{панелі}}=0,46+0,5+(2\cdot 4,09)+(40\cdot 0,00022)+0,12+3,89=13,16\text{ кг}$$

Таким чином, загальне зменшення маси конструкції за рахунок модифікації:  $M=15,07-13,16=1,91\text{ кг}$ .

В результаті вищенаведених розрахунків бачимо, що застосування панелі з гофровим заповнювачем замість збірної зменшило масу конструкції на  $1,91\text{ кг}$ , при цьому збереглися необхідні властивості міцності.

Конструкторське креслення модифікованої панелі представлено у додатку.

#### 1.4. Технічні умови виготовлення носового відсіку фюзеляжу

До конструкції виробів та складальних одиниць пред'являються такі групи технічних вимог:

- точність взаємного розташування деталей у складальній одиниці: зазори, натяги, биття, відхилення від перпендикулярності чи паралельності тощо;
- точність закріплення деталей: сили або моменти затягування різьбових з'єднань, сили на розрив або зсув клепанних, паяних, зварних, клейових з'єднань та з'єднань, отриманих розвальцюванням;
- вимоги до врівноваженості конструкції загалом або її елементів;
- вимоги до покриття та фарбування виробів;
- вимоги до маркування;
- технічні умови на випробування

#### ТУ на виготовлення носового відсіку фюзеляжу

1. \* - розміри для довідок.
2. Допуск за обводами на носову частину фюзеляжу  $\pm 2,0\text{ мм}$ .
3. Вимоги до зовнішніх обводів та поверхонь 148.00.1101.0001.000I.
4. Вимоги на складання за інструкцією 148.00.001.000.000I.
5. Позиції під полицями ліній-виносок для складання дзеркально-відбитих.



6. Внутрішню поверхню зібраного агрегату після герметизації фарбувати за СМ-280.
7. Зовнішню обшивку анодувати із внутрішньої сторони, ґрунтувати.
8. Герметична клепка з обов'язковим підтисканням пакета, для чого застосовувати техболти.
9. Допускається підрізування торців стрингерів панелей для забезпечення їх нормальної установки у силових шпангоутів не менше 2d заклепки.
10. Допускається розбіжність осей заклепок по обводах шпангоутів з осями заклепок по СО, виконаних у стрингери та обшивці до  $\pm 2$ мм.
11. Заповнювач кріпити до шару, що несе, за допомогою клею ВК-32-200.
12. Клепати на клеї ВК-9 по підшару ВК-25 ТІ 16-662-04, за ТІ 36-12-86, ТІ 36-53-94
13. Болт-заклепки встановити за ОСТ 1.42392-83, отвори обробити за Н7
14. Болти встановлювати за РТМ 1.4.1941-89, тарувати затяжку болтових з'єднань  $M5-Mкр = 3,43 \pm 0,34$  Нм ( $0,35 \pm 0,03$ ) Кгсм, обробка отворів з РТМ 1.4.1935-89.
15. Головки заклепок та кільця болт-заклепок після збирання, головки болтів, гайки і різьбові частини, що виступають, покрити емаллю ЕП-140М темно-зелений 471 ОСТ 1.90055-85.
16. Підготовка та захист місць металізації від корозії за ТІ 36-8-91.
17. Металізація за ОСТ 1.01025-82 заклепками.
18. Герметизація за 148ТІ16-501-02.

### **1.5. Аналіз технологічності відсіку Ф-1**

Досконалість авіаційної конструкції у сфері виробництва визначається виконанням вимог виробничої технологічності. Забезпечення технологічності конструкції фюзеляжу полягає в реалізації взаємопов'язаних технічних рішень як результатів проведення відповідних конструкторських, технологічних, організаційних та інших заходів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, оптимізації матеріальних і трудових витрат, скорочення часу на виробництво, технічне обслуговування і ремонт літака в цілому.

Виробнича технологічність конструкції фюзеляжу (далі - технологічність) являє собою сукупність передбачених в процесі проектування властивостей конструкції, що забезпечують мінімальні трудові і матеріальні витрати на освоєння складального виробництва, виготовлення у встановлені терміни і в заданій кількості конструкцій, в умовах відповідного підприємства.

Для реалізації таких заходів вирішуються кілька основних завдань:

– формування при проектуванні конструкції фюзеляжу властивостей, що дозволяють використовувати найбільш ефективні ТП і ЗТО для виробництва на підприємстві-виробнику фюзеляжу в заданих кількостях;

– забезпечення готовності підприємства-виробника до виробництва фюзеляжу, в необхідній кількості та у встановлені терміни.

Технологічність конструкції літака визначається:

- формою деталей, вузлів та агрегатів;
- точністю розмірів, форми і розташування поверхонь;
- членуванням конструкції, конструкцією стиків;
- використанням в конструкції легкооброблюваних матеріалів;
- застосуванням стандартизованих деталей;
- способами з'єднання деталей відсіків між собою;
- наступністю конструкції [3].

Аналіз технологічності конструкції носової частини фюзеляжу проводиться, спираючись на перераховані вище показники.

#### 1. Форма поверхностей агрегатів та СО.

Фюзеляж циліндричної форми в середній частині та конічній з подвійною кривизною форми хвостової та частково носової частин. Застосування панелей подвійної кривизни в носовій частині уникнути неможливо. Форма носової частини, як і форма всього фюзеляжу, визначається вимогами аеродинаміки,

Починаючи зі шпангоуту 12, форма фюзеляжу утворена циліндричною поверхнею, що має більшу технологічність.

#### 2. Точність розмірів, форми і розташування поверхонь.

Технічні вимоги по точності розмірів, форми і розташування поверхонь порівняно невисокі. Так, наприклад, допуск за обводами на носову частину фюзеляжу по ТУ  $\pm 2,0$  мм, допуск на дистанцію в площині типових шпангоутів становить  $\pm 2$ мм, допуск на встановлювати шпангоутів за отворами люків  $\pm 1$ мм, вирівнювання зовнішнього контуру дозволяється застосуванням прокладок – компенсаторів, завтовшки до 1,5мм.

#### 3. Членування конструкції, конструкція стиків.

Носова частина фюзеляжу має конструктивні роз'єми по шпангоуту 12 для стикування з відсіком Ф2. Технологічне членування СО у вигляді відсіків і агрегатів на секції, панелі і вузли виконане таким чином, що при виготовленні і складанні всіх елементів можна забезпечити зручність виконання ручних робіт і широко використовувати наявні засоби механізації складальних процесів.

Основними підзбірками є панелі:

- панелі мають відкриті доступи, двосторонні підходи до місця клепки;
- розміри панелей відповідають характеристикам високопродуктивних зварювальних машин, клепальних пресів, свердлильного та іншого обладнання;

- стрингери на панелях одинарної кривизни розташовані по процентних лініях, що забезпечує їхню прямолінійність і відсутність закрутки по довжині;
- шви на панелях прямолінійні, крок заклепок однаковий.

#### 4. Використання в конструкції легкооброблюваних матеріалів.

В конструкції планера і систем застосовуються номенклатура матеріалів, напівфабрикатів, яка є традиційною і добре освоєною авіапромисловістю.

Основні конструктивні матеріали, що застосовані у фюзеляжі:

- обшивки –1163АТВ та 1163АМВ, Д16чАТВ;
- типові стрингери – Д16чТ, В95ПчТ2, Д16АМ;
- типові шпангоути –1163АМВ, Д16чАМ;
- силові шпангоути та кронштейни –1933ТЗ;
- підкладні листи в гермозонах –1163АМВ, АТВ -,
- підкладні листи в інших зонах –Д16чАМ.

#### 5. Уніфікація елементів конструкції, застосування стандартизованих деталей.

Уніфікація літакової конструкції вирішує ряд важливих завдань - спрощує процес проектування і складання нових повітряних суден, знижує витрати на виробництво і експлуатацію, а головне підвищує загальний рівень безпеки при проведенні польотів.

В конструкції раціонально скорочено номенклатуру деталей однакового функціонального призначення, що сприяє скороченню потрібної оснастки, інструментів, обладнання, дозволяє розширити серійність виготовлення, знизити витрати на виробництво. Зменшено номенклатуру конструкційних матеріалів, що знижує обсяг робіт з організаційної підготовки виробництва, складання операційних технологій, визначення раціональних режимів і освоєння процесів обробки, зварювання, складання.

В конструкції використовують деталі із стандартизованих листів, профілей, стандартизований ряд кріпіння.

#### 6. Наступність конструкції.

У конструкції носового відсіку Ф-1 широко використовуються раніше освоєні та створені у виробництві елементи, які також були перевірені в експлуатації. Це дозволяє застосовувати у виробництві добре відпрацьовані методи обробки різанням, фрезерування, складання, що дають високі техніко-економічні показники.

Принциповою особливістю створення сімейства Ан-148 є використання максимальної уніфікації та наступності агрегатів та компонентів базового літака – крила, оперення, фюзеляжу, силовий установки, пасажирського та літакового обладнання.

Високий ступінь наступності конструктивно-технологічних рішень та експлуатаційної уніфікації Ан-148-100 з літаками марки «Ан», що успішно експлуатуються дозволяє значно скоротити витрати на експлуатацію цього літака авіакомпаніями, які вже мають у парку літаки Ан-24, Ан-140.

Аналіз технологічності показав, що:

розроблена носова частина фюзеляжу має простоту форму поверхні агрегатів, раціональне членування конструкції, велику конструктивну наступність, достатньо підходів до місць з'єднання, що забезпечує зручність виконання робіт;

в конструкції широко застосовані стандартні вузли та деталі, обмежена кількість застосовуваних марок матеріалу, максимально використовуються матеріали з добрими технологічними властивостями, відсутні надмірно високі вимоги до точності розмірів та чистоти обробки поверхні елементів конструкції;

в конструкції закладено модульний принцип створення нових вузлів та агрегатів, що мають функціональну взаємозамінність;

при складанні можлива орієнтація конструкції на певний метод складання.

Зі сказаного вище слід зазначити, що конструкція носової частини задовольняє практично всім основним технологічним вимогам, що говорить про її високу технологічність.

### Висновок

В конструкторській частині проведено конструктивно-технологічний аналіз конструкції носової частини фюзеляжу та виконано модифікацію бічної панелі фюзеляжу (шпангоути 6-12, стрингери 17-27) літака АН – 148 та в якості модифікації замість збірної був розроблений варіант шароватої з гофровим заповнювачем. Проведено розрахунок на міцність тришарової панелі, обрахована її вага. Складено технічні умови на виготовлення носової частини фюзеляжу. Виконано оцінку технологічності, в результаті якої конструкція визнана технологічною.

## **2. Технологічний розділ**

## 2.1. Аналіз існуючого виробництва, технологічні заходи щодо підвищення якості виробу і ефективності виробництва

Вибір методів підготовки виробництва, планування діяльності підприємства, організація виробничих процесів та їх контроль залежать від характерних особливостей виробництва і його типу.

Тип виробництва - це комплексна характеристика організаційно-технічного рівня виробництва, що охоплює номенклатуру продукції, обсяг виробництва, випуск однотипної продукції, характер завантаження робочих місць, кваліфікацію робітників, собівартість продукції. Тип виробництва суттєво впливає на виробничу структуру підприємства, характер та оснащеність технологічних процесів. Критерієм, що характеризує тип виробництва, є кількість і трудомісткість виробів, які виробляються, рівень застосовуваної техніки і ступінь спеціалізації.

Залежно від об'єкта виробництва і програми випуску, розрізняють три основні організаційні типи виробництва: масове, серійне, одиничне. У свою чергу, серійне виробництво поділяється на дрібно-, середньо- та великосерійне (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 - Порівняльна характеристика типів виробництва [3]

Ознака характеристики	Тип виробництва		
	Одиничне	Серійне	Масове
Номенклатура продукції	Необмежена, різноманітна	Обмежена серіями, існує повторюваність серій	Постійна, обмежена
Собівартість продукції	Висока	Середня	Низька
Кваліфікація робітників	Висока	Середня	Низька
Обладнання та його розміщення	Універсальне, унікальне Розташоване групами	Частково спеціалізоване Розташоване групами	Спеціальне Розташоване за виробничим циклу
Методи організації виробництва	Одиничні	Групові, потокові	Потокові
Питома вага ручної праці	Велика	Невелика при застосуванні механізації праці	Обмежена Застосування механізованих процесів

Віднесення підприємства до того чи іншого типу виробництва не виключає можливості організації в його підрозділах виробничого процесу за іншими типами.

Існуюче виробництво дрібносерійне і забезпечує випуск однорідних виробів серіями, що повторюються через певний проміжок часу.

В дрібно-серійному виробництві використовується операційна форма складання, що характеризується тим, що бригада в складі двох-трьох чоловік повністю складає вузол (панель) або виконує групу операцій.

Аналіз існуючого виробництва в цеху-прототипі показав що :

- мала кількість конструктивних роз'ємів носової частину фюзеляжу ускладнює виділення відсіків і секцій з закінченим обсягом робіт, що призводить до збільшення розмірів складальних одиниць і ускладнює складальне оснащення;

- горизонтальне розташування стапеля складання, викликане великими габаритами носової частини фюзеляжу, сприятливо позначається на умовах праці та підвищує безпеку, але в той же час створює ряд незручностей з установки верхніх панелей;

- відсутність жорстких стиків ускладнює забезпечення необхідної точності складання;

- конструктивні особливості Ф-1 різко обмежує застосування в цеху механізації і автоматизації.

Будь-яке складання піддається технологічному контролю відповідно до креслення і технологічного процесу.

Основним завданням технічного контролю на підприємстві є своєчасне отримання повної та достовірної інформації про якість продукції, стан устаткування і технологічного процесу з метою попередження несправностей та відхилень, які можуть призвести до порушень вимог стандартів і технічних умов.

Технічний контроль є невід'ємною частиною виробничого процесу. Він виконується різними службами підприємства залежно від об'єкта контролю.

На підприємстві прототипі контроль за правильним використанням стандартів, технічних умов, матеріалів та іншої нормативно-технічної документації в процесі підготовки виробництва здійснює служба нормоконтролю. Якість технічної документації контролюється безпосередніми виконавцями і керівниками всіх рівнів у відділах головного конструктора, головного технолога, головного металурга та інших служб підприємства. Контроль якості готової продукції і напівфабрикатів свого виробництва здійснює відділ технічного контролю (ВТК), хоча відповідальність за якість не знімається з виконавців і керівників виробничих підрозділів (цехів і ділянок).

Основні групи заходів, реалізація яких буде сприяти підвищенню якості та конкурентоспроможності продукції [4].

Технічні заходи, до яких відносяться: впровадження у виробничий процес нових видів техніки і технології; вдосконалення застосовуваних стандартів і технічних умов підприємства, сертифікація продукції; підвищення якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів, використовуваних у виробництві продукції; підвищення технічного рівня метрологічної служби на підприємстві.

Організаційні заходи підвищення якості продукції, а саме: впровадження сучасних форм і методів організації виробництва та управління; вдосконалення системи контролю і самоконтролю на всіх стадіях виготовлення продукції; скорочення обсягів або зняття з виробництва неконкурентоспроможної продукції; запозичення та використання передового вітчизняного і зарубіжного досвіду в галузі підвищення якості продукції.

Соціально-економічні заходи підвищення якості продукції, до яких відносяться: формування узгодженої системи прогнозування та планування необхідного рівня якості виробів; матеріальне та моральне стимулювання персоналу за високоякісне виконання обов'язків; підвищення рівня кваліфікації працівників; формування в колективі гідності за якість продукції та марку свого підприємства; ефективна цінова політика, що передбачає, в тому числі, встановлення максимально прийнятних для продавців і споживачів цін; вивчення вимог покупців до якості продукції та кон'юктури ринку.

## **2.2. Схема конструктивно-технологічного членування Ф-1**

Необхідність членування конструкції Ф-1 на деталі, вузли, панелі диктується вимогами виробництва.

Технологічне членування дозволяє вести диференційоване складання, розширює фронт робіт, спрощує оснащення на етапах складання, значно скорочує цикл складання агрегату в стапелі. Воно дозволяє значно підвищити якість виконуваних операцій і продуктивність праці за рахунок комплексної механізації процесів свердління, зенкування, клепки [5].

Ступінь членування залежить від:  
особливості конструкції,  
від габаритів агрегату та секцій,  
матеріалів конструкції та способів з'єднання,  
від програми випуску.

Воно враховує конструктивно – технологічні роз'єми, можливість підходів до місць з'єднання частин літака, габарити стапельної оснастки, обладнання цехів та техніко-економічні показники.

Розглянемо технологічне членування відсіку Ф-1 фюзеляжу літака Ан-148 (рисунок 2.1):

Носовий відсік фюзеляжу складається з таких основних частин:



1. Носовий обтічник.
2. Ліхтар із підліхтарною частиною.
3. Бокова права панель.
4. Верхня панель.
5. Бокова ліва панель.
6. Нижня панель.
7. Відсік підлоги.
8. Двері вхідні.
9. Кришка аварійного люка.
10. Стінка ніші шасі.
11. Створка передньої ноги шасі.
12. Бічний люк.
13. Підлога БГВ між шпангоутами №6-11.
14. Шпангоут №11.
15. Підлога між шпангоутами №6-11.

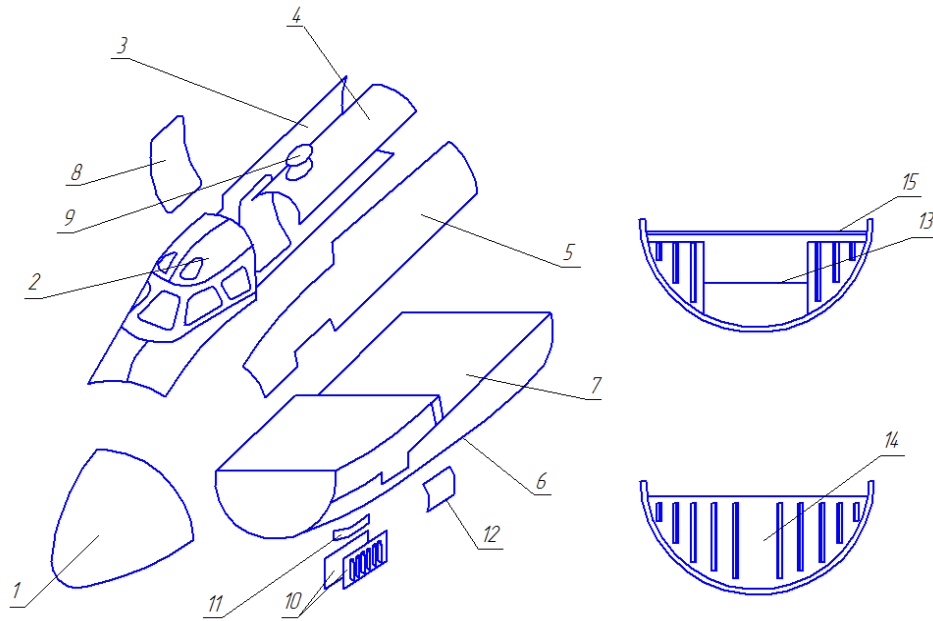


Рисунок 2.1 – Схема членування відсіку Ф-1

Прийнята схема членування дозволяє проводити складання зазначених складальних одиниць у спеціальних стапелях та пристроях, що забезпечує необхідну якість складання та точність контурів та зовнішніх обводів, широке використання ручних засобів механізації, скорочення циклів складання та трудомісткості.

Схема членування носового відсіку фюзеляжу представлена у додатку.

### 2.3. Розробка схеми складання та маршрутного технологічного процесу складання відсіку Ф-1

Складання - технологічний процес, що представляє собою сукупність операцій виконуваних вручну або автоматом по встановленню (базуванню) деталей, що складають, і підскладань в задане кресленням і ТУ положення, фіксація в цьому положенні і з'єднання [].

Схема складання і забезпечення взаємозамінності складальних одиниць є графічним зображенням (у вигляді умовних позначень) послідовності установки складальних частин при виготовленні складальних одиниць, з зазначенням умов постачання та засобів технологічного оснащення, першоджерел засобів ув'язки і ув'язуваних геометричних параметрів базових поверхонь СЧ, що входять в конструкцію складальної одиниці [5].

Основними вихідними даними для розробки схеми складання є:

- конструкція агрегату;
- програма випуску;
- прийняте технологічне членування;
- прийняті методи складання вузлів.

Залежно від наявності різних способів членування авіаційних конструкцій на окремі складальні частини, можна виділити наступні основні схеми стикування: послідовна, паралельна, паралельно-послідовна.

Послідовна схема. Таку схему застосовують при складанні конструкцій агрегатів літака в умовах одиничного або дрібносерійного виробництва для складання нескладних вузлів та панелей.

При послідовній схемі складання деталі та дрібні складальні одиниці послідовно нарощують на базову деталь або встановлюють на фіксатори складальних пристроїв, операції виконуються одна за одною, після закінчення попередньої.

Всі монтажні роботи, як правило, виконують після складання-стикування.,

Недоліки цієї схеми: складання та монтаж виконують в умовах, в яких важко застосовувати механізацію процесів, фронт робіт вузький, що значно збільшує показники трудомісткості робіт та цикли складально-монтажних робіт. Перевагами є обмежена кількість робітників та мала кількість оснастки.

Паралельна схема. Цю схему застосовують для складання агрегатів та відсіків, розчленованих на панелі та вузли, які складають незалежно один від одного – паралельно. Монтажні роботи повністю або частково переносять на панелі.

Агрегати складають тільки з відсіків та деяких секцій.

Тут після паралельного складання всіх панелей протікає процес їх монтажу

бортовими системами, а потім відбувається загальне стикування в стапелі складання відсіку або агрегату. Ефективність застосування цієї схеми залежить від питомого обсягу складально-монтажних робіт.

Перевагами цієї схеми є: – мінімальний цикл складання; – вузька спеціалізація виконавців; – висока диференціація складальних робіт, що дозволяє широко використовувати засоби механізації та автоматизації операцій установки кріплення; – вільний доступ до виконання з'єднань на панелях, вузлах, секціях.

Але так як панелі та вузли складають окремо один від одного, то для кожного з них необхідний свій складальний пристрій, що веде до подорожчання виробу при незначних обсягах випуску.

Паралельно-последовна схема. Її використовують при складанні агрегатів, розчленованих на панелі, які складають паралельно, потім стикують, а потім виконують монтажні роботи на зібраному агрегаті (відсіку).

Ця схема займає проміжне місце між последовною та паралельною схемами складання.

Варіюючи схему членування та последовність складання та монтажу виробу, можна значно скоротити виробничий цикл та загальну трудомісткість складально-монтажних робіт.

Виходячи з цього, приймаємо паралельно - последовну схему складання. Вона забезпечує розширення фронту робіт, скорочення циклу складання агрегату, дозволяє механізувати виробничі процеси, знижує собівартість виробів за рахунок скорочення циклу складання.

Порядок надходження підбірок, вузлів і деталей на складання агрегату визначається наступними факторами:

1. В першу чергу ставляться підбірки і деталі, які несуть на собі технологічні бази.
2. За базовими ставляться найбільш жорсткі вузли і підбірки.
3. Постановці наступних деталей не повинні заважати попередні.
4. Економічна доцільність прийнятої схеми.

Керуючись переліченими вище чинниками, приймаємо наступну последовність складання.

### **Маршрутний (збільшений) технологічний процес складання носової частини фюзеляжу**

1. Підготувати стапель складання Ф-1 до роботи.
2. Установка каркаса ліхтаря кабіни пілотів в стапель складання.

3. Складання та встановлення панелі підліхтарної та стикування з каркасом ліхтаря.
4. Складання та встановлення панелі надліхтарної.
5. Встановлення балок ліхтаря на стр.22,27 (прав/лів.)
6. Складання та встановлення балки підліхтарної.
7. Установка балки під замок шасі.
8. Установка фітингів навішування створок.
9. Установка панелі ніші шасі.
10. Встановлення кришки на панелі ніші шасі.
11. Складання та встановлення панелі підліхтарної бічної (прав/лів.)
12. Складання та встановлення панелі (шп.6-12, стр.17лів-27лів)
13. Складання та встановлення панелі (шп.6-12, стр.17прав-27прав.)
14. Складання та встановлення панелі нижньої (шп.1-6).
15. Складання та встановлення панелі нижньої (шп.6-12).
16. Стик по стр.17 між шп.1-6.
17. Складання та встановлення панелі (шп.6-12, стор.7прав/лів-17прав/лів.)
18. Стик по шп.6 (верх) стр.17лів-17прав.
19. Стик по шп.6 (низ).
20. Складання та встановлення панелі верхньої (шп.6-12).
21. Поздовжній стик по стр.41 між шп.6-12
22. Поздовжній стик по стр.7 між шп.6-12
23. Стик поперечний по шп.
24. Стик панелей за стр. 53 (шп.1-3).
25. Поздовжній стик стр.17-27 між шп.6-12 лев.
26. Поздовжній стик стр.17-27 між шп.6-12 прав.
27. Закладення панелей по ніші шасі.
28. Встановлення боковини шп.2 лів. борт
29. Встановлення боковини шп.2 прав. борт
30. Встановлення боковини шп.3 лів. борт
31. Встановлення боковини шп.3 прав. борт
32. Встановлення боковини шп.4 лів. борт
33. Встановлення боковини шп.4 прав. борт
34. Встановлення боковини шп.5 лів. борт
35. Встановлення боковини шп.5 прав. борт
36. Стик шп.7 та 8 по балці (низ)
37. Стик шп.6 за стр.4
38. Установка балки по шп.
39. Встановлення окантування дверей в кабінку екіпажу.
40. Установка перегородки по шп.

41. Складання та встановлення поперечних балок.
42. Складання та встановлення каркаса підлоги поздовжньої.
43. Складання та встановлення посилення підлоги під буфет та гардероб.
44. Складання та встановлення підлоги між шп.2-7.
45. Установка опори лівого крісла.
46. Встановлення опори правого крісла.
47. Складання та встановлення верхньої поздовжньої балки.
48. Складання та встановлення балки поздовжньої нижньої.
49. Складання та встановлення балки поперечної передньої.
50. Складання та встановлення балки поперечної задньої.
51. Стик шп.8-11 по стр.17 та 27.
52. Стик шп.8-11 по стр.41
53. Стик шп-тов за стр.7
54. Установка підкладного листа (для передніх входних дверей).
55. Посилення окантування (під входні двері).
56. Встановлення підкладних листів (під службові двері).
57. Посилення окантовки (під службові двері).
58. Складання та встановлення кришки люка.
59. Встановлення експлуатаційного люка.
60. Контроль: установка, фіксація, відсутність механічних пошкоджень деталей вузлів, якості виконання з'єднань та контроль зовнішньої поверхні відсіку.

### **Обґрунтування методу складання**

Метод складання являє собою сукупність взаємопов'язаних рішень, що регламентують способи базування, види складальних баз, послідовність установки складальних частин при складанні авіаційних конструкцій – це прийом установки деталей та складальних одиниць у задане положення кресленням [5].

Основні вимоги до методів складання:

- забезпечення заданих параметрів точності;
- забезпечення контролю точності;
- забезпечення якості складання;
- спрощення процесу складання;
- скорочення часу на процес складання.

Від вибору методу складання залежить структура технологічного процесу та конструкція оснастки.

Відомі методи складання авіаційних конструкцій характеризуються такими особливостями: - способами базування; - ступенем забезпечення взаємозамінності при складанні; - об'ємом оснастки; - точністними характеристиками; - економічними характеристиками.

Методи складання класифікують за:

1. Ступеню взаємозамінності:

- з повною взаємозамінністю;
- з обмеженою взаємозамінністю;
- селективне складання;
- складання з припасуванням.

2. Характером баз, що використовують:

- за базовими поверхнями деталей;
- за розміткою;
- за складальними отворами (СО);
- за базовими отворами;
- за базовими поверхнями оснастки;
- за поверхнею каркаса;
- за зовнішньою поверхнею обшивки;
- за внутрішньою поверхнею обшивки (за технологічним каркасом).
- за лазерним променем.

Перевагою складання з повною взаємозамінністю є його дешевизна, але цей метод має дуже вузьку сферу застосування.

Особливість складання з обмеженою взаємозамінністю: у процесі складання одна деталь підганяється під іншу.

Селективне складання характеризується тим, що взаємозамінність забезпечується селекцією деталей на однакове число підгруп.

Особливістю складання з припасуванням є додаткова доробка деталей в процесі складання (припилювання, обрубубування, локальне деформування). Недоліком цього є висока трудомісткість.

Складання за привалочними поверхнями. Найбільш простим процесом складання є складання по привалочним поверхням (складання за кресленням). При цьому одна з деталей вибирається як основна і несе бази для встановлення вхідних деталей, що мають відповідні настановні бази. Точність установки деталей визначається точністю виконання посадкових поверхонь та забезпечується прийнятою в машинобудуванні системою допусків та посадок. Найбільший ефект забезпечується під час використання циліндричних поверхонь сполучення.

Складання за розміткою. Базами у разі є або явні бази однієї деталі і розмітка на другий, або розмітка двох деталей. Взаємне положення деталей вимірюється або безпосереднім виміром положення деталей щодо один одного, або за попередньо нанесеною розміткою.

Точність залежить від робітника. Її можна підвищити шляхом виключення робітника із процесу розмітки (фотоконтактний метод – копіювання з мініпрози). Область застосування цього залежить від типу виробництва. Його перевагами є низька вартість та застосування універсального інструменту, а недоліками – велика трудомісткість процесу та недостатня стабільність якості.

Складання за СО – процес, у якому взаємне розташування деталей, що складаються, визначається положенням наявних на них складальних отворів. При базуванні по СО зібрані деталі поєднують один з одним і на період з'єднання деталей в складальні отвори вставляють фіксатори. Складання з базуванням по СО при плоских вузлах проводиться на столах або із застосуванням найпростіших пристроїв, які в цьому випадку служать для підтримки деталей у складальному положенні і не впливають на точність утворення форм та обводів виробу. СО в деталях свердляться при виготовленні деталей за шаблонами (плоським та об'ємним), розміткою, фотоконтактним методом або в пристроях для свердління.

Складання в пристрої.

Складання з базуванням від поверхні каркасу - процес, при якому базою для встановлюваних елементів є обводи деталей раніше складеного каркаса. При такому способі базування обшивки або панелі встановлюється внутрішньою поверхнею на опорні поверхні складеного каркаса і притискається рубильниками, стрічками або шнурами. В цьому випадку похибки елементів каркаса повністю переносяться на обводи остаточно складеного виробу. Тому необхідно добиватись найбільшої точності обводів при складанні каркаса, так як при установці обшивки або панелі неможливо виправити утворені похибки.

- Складання з базуванням від зовнішньої поверхні обшивки – процес, при якому базою для встановлюваних елементів є опорні поверхні пристосувань, виконані по зовнішній поверхні обшивки. Цим способом складають більшість відсіків за допомогою стапелів з відкидними рубильниками.

- Складання з базуванням від внутрішньої поверхні обшивки – процес, при якому обшивка або панель які базуються, вони встановлюються внутрішньою поверхнею на базові поверхні складального пристрою або на поверхню спеціальних макетних елементів. Сутність цього методу полягає в створенні технологічного каркасу з допомогою силових елементів агрегату та макетних елементів.

Метод складання, у якому положення деталей і вузлів визначається базами складального пристрою. У цьому випадку розміри пристрою переносяться на об'єкт, що складають. Крім того, пристрій надає певну форму нежорстким деталям і вузлам, а також задає певне положення інструменту щодо виробу, що складають.

При складанні в пристрої розрізняють базування на контури деталей і базування по отворах в деталях (УФО, КФО або БФО).

Вибираємо метод складання у складальному пристрої з базуванням за зовнішньою поверхнею обшивки. Цей метод використовуємо для складання панелей та відсіку Ф-1 в цілому. Складання стінок, панелей за СО.

Для складання відсіку та його підзбірок необхідні наступні складальні пристрої:

1. Стапель для складання носової частини фюзеляжу.
2. Стапеля для складання панелей та секцій.
3. Стапель для складання гермошпангоуту №1.

4. Стапель для складання низинки шпангоуту №6.
5. Стапеля для складання стінок ніші шасі.
6. Стапель для стикування шп. №1, низинки шп.6.
7. Стапель для складання каркаса ліхтаря, стикування з під- та надліхтарними панелями.
8. Стапеля для складання панелей під- та надліхтарних.
9. Стапеля для складання боковин та низинок шпангоутів.

#### 2.4. Розробка схеми ув'язки заготівельної та складальної оснастки для відсіку Ф-1

Ув'язування - технологічний процес узгодження параметрів (геометричних і фізико-механічних) складових частин виробу, що складають, заготівельно-штампувальної та складальної оснастки.

Метод ув'язки представляє собою метод узгодження геометричних параметрів базових поверхонь СЧ і технологічної оснастки для складання.

Вибір методу ув'язування є важливим етапом складання літака. Від ув'язування залежить безліч факторів у виробництві. Слід оптимально підібрати такий метод ув'язування, щоб виготовлення виробу було раціонально з погляду собівартості.

Для ув'язки геометричних параметрів СЧ конструкції використовуються наступні першоджерела ув'язки:

- креслення (К);
- плаз (П);
- еталон (Е);
- програма (Пр).

Для виготовлення першоджерел ув'язки застосовуються першоджерела інформації (креслення, технічні умови, системи допусків і посадок, математичні моделі).

Поєднання першоджерел і засобів ув'язки характеризує метод ув'язки табл. 2.2.

Таблиця. 2.2 - Найбільш поширені методи ув'язування

Назва методу ув'язування		Позначення методу ув'язування
Креслярські методи	КІМ	Креслярсько-інструментальний метод
	КШМ	Креслярсько-шаблонний метод
	КММ	Креслярсько-макетний метод
Плазові методи	ПІМ	Плазово-інструментальний метод
	ПШМ	Плазово-шаблонний метод
	ПММ	Плазово-макетний метод
Еталонні методи	ЕІМ	Еталонно-інструментальний метод
	ЕММ	Еталон-макетний метод
	ЕШМ	Еталон-шаблонний метод
Програмні методи	ПрШМ	Програмно-шаблонний метод
	ПрММ	Програмно-макетний метод
	ПрІМ	Програмно-інструментальний метод



У кожного методу ув'язки, є своя область ефективного використання, де він забезпечує найбільшу точність ув'язування з найменшими витратами праці, матеріалів і дозволяє отримати найвищий рівень взаємозамінності.

Основними недоліками залежних методів ув'язування є [5]:

- 1) пов'язаний характер перенесення розмірів та форм, заданих кресленням, на об'єкти оснащення та конструкції літака;
  - 2) тривалий цикл та трудомісткість виготовлення оснастки;
  - 3) неможливість використання комплектів технологічного та контрольного оснащення при переході на новий виріб;
  - 4) точність ув'язування та виготовлення оснастки та деталей залежить від сумарної величини похибок на всьому ланцюжку перенесення розмірів, яка може перевищувати допуск;
  - 5) обмеженість використання залежних методів великих габаритних розмірів конструкції ЛА;
- б) вузький спектр застосування засобів автоматизації процесів підготовки та переробки вихідної інформації, отримання першоджерел ув'язування та виготовлення оснастки.

Перевагами безплазового методу є: наочне уявлення складальної одиниці у 3D, більш висока точність виготовлення, простота виготовлення виробу зі складною геометрією. Безплазовий метод дозволяє:

- скоротити майже в 10 разів цикл та трудомісткість виготовлення елементів деяких видів оснастки, пов'язаних із обводами;
- уникнути виготовлення при запуску виробу великої кількості спеціальних засобів;
- створити у сфері підготовки виробництва систему розрахунку та запису керуючих програм для всього обладнання з ЧПК

Програмно-інструментальний метод незалежний спосіб забезпечення взаємозамінності, заснований на використанні електронно-обчислювальної техніки для завдання та обробки первинної вихідної інформації про геометричні образи оброблюваних об'єктів та застосування обладнання з ЧПУ, що використовується для виготовлення оснастки. Метод дозволяє широко використовувати засоби механізації та автоматизації технологічних процесів на всіх етапах виготовлення оснастки та деталей. Незалежно виготовляються шаблони, зразки поверхні, робочі контури рубильників, що призводить до різкого скорочення термінів підготовки виробництва, зменшення трудомісткості обробки робочих контурів.

Складальна оснастка виготовляється за таблицями КФО (що дає координати центрів МО, ОСБ та взаємне положення окремих плоских перерізів). Метод доповнюється застосуванням ІС та ПК, що дозволяє виготовити будь-яке складальне пристрою.

Основні переваги ПРИМ:

- висока точність ув'язки СЧ (незалежний метод);
- можливість застосування високопродуктивних ЗТО;
- можливість автоматизації виробництва.

Вибираємо програмно-інструментальний метод ув'язування оснащення, тому що в ньому закладено подальший розвиток методів ув'язування оснастки і

при даному рівні розвитку обробного обладнання цей метод забезпечує досить високу точність ув'язування оснастки.

Першоджерелом інформації є повний електронний опис виробу (ПЕВ). Першоджерелом ув'язки служить електронний макет (ЕМ). ЕМ є носієм геометричних параметрів деталі, виробу і визначає їх взаємне розташування між собою в процесі складання і прив'язку до базових осей і площин.

З математичних моделей деталей та агрегатів знімається інформація для проектування та виготовлення складального та заготівельного оснащення в електронному вигляді, що зменшує витрати часу на креслення необхідних поверхонь. За математичними моделями оснастки генеруються КП для обладнання з ЧПУ. На устаткуванні з ЧПУ виготовляються елементи оснастки. Оснащення збирається методами, необхідними для цього виду оснастки, і починається виготовлення деталей.

Деталі, що виготовляються обробкою різанням, виготовляються за програмами, що керують, написаними з математичних моделей деталей. Елементи складального оснащення монтуються з використанням інструментального стенду та оптико-лазерних систем, після чого в змонтованих пристроях проводять складальні роботи.

Схема складання носового відсіку представлена у додатку. У ній зазначено необхідне складальне оснащення та порядок надходження деталей та підзбірок на складання.

### **Розрахунок точності складання відсіку Ф-1 у пристрої при використанні програмно-інструментального методу ув'язування за ТУ**

У ТУ на складання агрегатів допуски на контур передбачені лише агрегату. На контур вузлів допуски не наводяться, оскільки передбачається, що можливе застосування різних методів складання в залежності від умов виробництва. Останнє при розробці технологічного процесу вимагає обчислення допуску на вузол при заданому допуску на агрегат у певних умовах виробництва. Зокрема, на точність складання впливає прийняті методи складання агрегату і схема ув'язування оснастки. Тому величина допуску на відсік  $\delta_{отсека}$  визначається за виразом:

$$\delta_{отсека} = \delta_{агр.ТУ} - C_{пр.агр.-отсека}$$

де  $C_{пр.агр.-отсека}$  – похибка ув'язування оснастки для відсіку та фюзеляжу, яка визначається за схемою ув'язування оснастки.

Допуск на фюзеляж за ТУ складає:  $\delta_{агр.ТУ} = \pm 2 \text{ мм}$ .

Розрахуємо допуск на відсік для ПрІМ:

Структурна схема ув'язування стапелів фюзеляжу та відсіку Ф-1 при ПрІМ показана на рисунку 2.2:

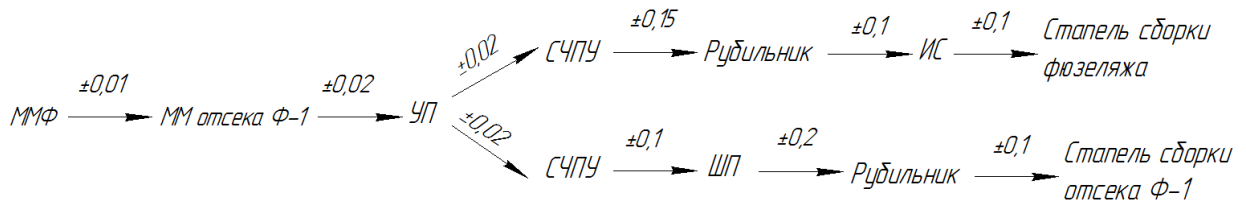


Рисунок 2.2 – Структурна схема ув'язування стапелів фіюзеляжу та відсіку Φ-1 при ПрІМ

Похибка ув'язування стапелів фіюзеляжу та відсіку Φ-1 становить:

$$\delta_{\Phi 1} = \delta_{\text{ф.ГУ}} - C_{\text{пр.ф-}\Phi 1}$$

$$C_{\text{пр.ф-}\Phi 1} = \pm \sqrt{0,02^2 \cdot 2 + 0,1^2 \cdot 4 + 0,15^2 + 0,2^2} = \pm 0,32 \text{ мм}$$

$$\delta_{\Phi 1} = \pm(2 - 0,32) = \pm 1,68 \text{ мм}$$

### Розрахунок точності складання відсіку Φ-1 у пристрої при використанні програмно-інструментального методу ув'язування

Похибка складання носового відсіку в стапелі визначається так:

1. Похибка  $\Delta_{\text{ст}}$  носія розмірів, тобто стапеля.
2. Похибка  $\Delta_{\text{проч}}$  від поведень і зміщень, викликаних утворенням сполук, прогинами стапеля в процесі складання та іншими, які не залежать від методу складання причинами.
3. Похибка  $\Delta_{\text{баз}}$  базування деталей.

Розмір похибки базування характеризується зазором між рубильником стапеля і поверхнею деталі. Цей зазор можна зменшити, притиснувши деталь до рубильника. Отже, похибка складання визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{сб}} = \Delta_{\text{ст}} + \Delta_{\text{баз}} + \Delta_{\text{проч}}, \quad \text{де } \Delta_{\text{проч}} = 0,4\Delta_{\text{сб}}$$

Зазор між фіксатором контуру та деталлю (за наявності притиску) визначають за формулою:

$$\Delta_{\text{баз}} = k_{\text{приж}} C_{\text{контур.пр-дет}}$$

Величину  $K_{\text{приж}}$  приймають в залежності від кількості притисків. При розрахунку допусків на складання у пристосуванні без компенсації похибок  $K_{\text{приж}} = 1$ . У результаті допуск має такий вигляд:

$$\delta_{\text{сб.}} = \delta_{\text{ст.}} + k_{\text{приж.}} C_{\text{контр.пр-дет}} + \delta_{\text{проч.}}$$

Структурна схема ув'язування стапеля та обшивки панелі при використанні програмно-інструментального методу забезпечення взаємозамінності показано на рисунку 2.3:

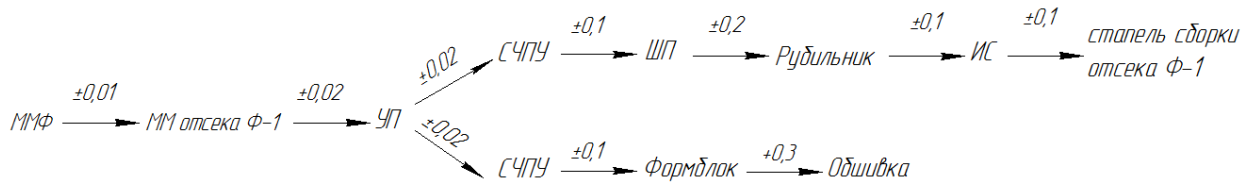


Рисунок 2.3 – Структурна схема ув'язування стапеля та обшивки панелі при використанні ПрІМ

Розрахуємо допуск на складання без компенсації похибок. При цьому допуск на складання визначається за такою формулою:

$$\delta_{сб} = \delta_{ст} + C_{контур.пр-дет} + \delta_{проч}$$

$$\frac{\delta_{ст}}{2} = \pm \sqrt{\sum \left( \frac{\delta_{ММФ-ст}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,01^2 + 0,02^2 \cdot 2 + 0,1^2 \cdot 3 + 0,2^2} = \pm 0,27 \text{ мм}$$

$$C_{конт.ст-дет} = \pm \sqrt{\sum \left( \frac{\delta_{несвяз.этапов}}{2} \right)^2} =$$

$$= \pm \sqrt{0,02^2 \cdot 2 + 0,1^2 \cdot 4 + 0,2^2 + 0,3^2} = \pm 0,41 \text{ мм}$$

Враховуючи що  $\delta_{проч} = 0,4 \cdot \frac{\delta_{сб}}{2}$  отримуємо:

$$0,3\delta_{сб} = \pm (0,27 + 0,41), \text{ звідки } \delta_{сб} = \pm 2,27 \text{ мм}$$

Похибка складання перевищує допуск на вузол ( $\delta_{сб} > \delta_{Ф1}$ ) Отже, складання в пристосуванні без компенсації неприпустиме.

## 2.5. Нормування операції маршрутно-операційного технологічного процесу

Нормування ТП фіксується у вигляді норм часу в технологічних картах по кожній операції. Нормування залежить від виду зв'язків його з організацією оплати праці, виробничими традиціями, першоджерел процесу нормування.

Останніми можуть виступати: укрупнені норми, типові ТП, циклові графіки. Трудомісткість ТП складається з суми норм часу за операціями і завданнями. На підставі значення загальної трудомісткості розраховується кількість робітників, відповідних ЗТО, а також робиться розробка циклового графіку.

Норма часу – це час, необхідний для виконання операції мінімальною кількістю працівників.

Для нормування вибираємо операцію з операційного тех. процесу складання панелі підфонарної бічної:

Операція 6: свердлити 20отв. Ø3,6мм.

Норма часу на свердління визначається за такою формулою:

перший отвір:

$$T_1 = 0.015 \times D^{0.68} \times t^{0.66} + 0.04$$

кожне наступне свердління:

$$T_2 = 0.015 \times D^{0.68} \times t^{0.66} \times n$$

де  $D$  – діаметр свердла;

$t$  – глибина свердління;

$n$  – кількість отворів.

$$T_1 = 0.015 \times 3,6^{0.68} \times 4^{0.66} + 0.04 = 0,966 \text{ хв}$$

$$T_2 = 0.015 \times 3,6^{0.68} \times 4^{0.66} \times 20 = 18,525 \text{ хв}$$

Загальна сума норми часу на цю операцію дорівнює:

$$T = T_1 + T_2 = 0,966 + 18,525 = 19,491 \text{ хв}$$

Операція 7: свердлити 20отв. Ø3,6мм.

перший отвір:

$$T_1 = 0.015 \times D^{0.68} \times t^{0.66} + 0.04$$

кожне наступне свердління:

$$T_2 = 0.015 \times D^{0.68} \times t^{0.66} \times n$$

$$T_1 = 0.015 \times 3,6^{0.68} \times 4^{0.66} + 0.04 = 0,966 \text{ хв}$$

$$T_2 = 0.015 \times 3,6^{0.68} \times 4^{0.66} \times 20 = 18,525 \text{ хв}$$

Загальна сума норми часу на цю операцію дорівнює:

$$T = T_1 + T_2 = 0,966 + 18,525 = 19,491 \text{ хв}$$

Загальний час включатиме:

— розмітку:

0,015хв – один отв.

0,015 х 23 = 0,345 хв

— прибирання стружки:

0,051хв \* 23 = 1,17хв

$$\Sigma T = 19,491 + 19,491 + 0,345 + 1,17 = 40,497 \text{ хв}$$

Заводські норми часу відрізнятимуться від отриманих норм на певний коефіцієнт  $K_{y.H}$ .

$K_{y.H}$  - Коефіцієнт посилення норм, який знаходиться наступним чином:

$$K_{y.H} = \frac{T_{шт.завод}}{T_{шт.мабл}},$$
$$K_{y.H.C} = \frac{51,33}{40,497} = 1,27;$$

Розроблений технологічний процес буде пронормовано на підставі норми часу технологічного процесу прототипу з зменшенням в 1,27 рази.

## 2.6. Обґрунтування способів ведення складального процесу

До цього часу клепка є одним з найбільш поширених способів отримання нероз'ємних сполук, особливо з алюмінієвих сплавів малої товщини (0,8-3,0мм). Процес клепки полягає в осадженні частини стрижня заклепки, що виступає, і формуванні з неї замикаючої головки необхідної форми і розміру. Технологія з'єднання деталей заклепками складається з наступних основних операцій: свердління отворів під заклепки, зенкування або штампування гнізд під заставну головку заклепки (при потайному клепанні); вставка заклепки в отвір; натяжка деталей, що склепуються і утворення замикаючої головки, тобто. власне клепки, та контроль якості з'єднань. Для з'єднання деталей з алюмінієвих та магнієвих сплавів застосовують холодну клепку, при якій заклепки не нагрівають.

Традиційний процес клепки, при якому спочатку свердлять усі отвори, а потім у них вставляють заклепки із заставними головками, має дуже істотні недоліки. При постановці заклепок попередньо просвердлені у великій кількості отвори часто має місце розбіжність отворів за рахунок взаємного зміщення деталей в пакеті, утворення хлопунів, зусиль, що розпирають, що виникають при утворенні замикаючих головок заклепок і т.д. Клепані сполуки дуже складно герметизувати. У процесі експлуатації відбувається розбобтування клепаних сполук, що призводить до витоків повітря або робочих рідин. Причому, витік через заклепувальні шви відбувається не тільки через зазори між деталями, що з'єднуються, але і через зазори між отвором і стрижнем заклепки.

Застосування клепаних з'єднань збільшує вагу конструкцій внаслідок наявності заставних та замикаючих головок заклепок, загальна кількість яких у виробі обчислюється тисячами і навіть мільйонами. При застосуванні клепаних з'єднань практично неможливо отримати гладку поверхню зовнішніх обводів виробів. При виготовленні конструкцій з алюмінієвих сплавів клепка анодованих деталей веде до утворення навколо заклепки сітки дрібних тріщин радіальних в анодній плівці, в результаті чого знижується корозійна стійкість і експлуатаційна

надійність виробів. Необхідне для клепки свердління отворів у обшивці та каркасі підвищує концентрацію напруги у з'єднанні. У зв'язку з цим клепані конструкції, виконані за розглянутою вище технологією, значно поступаються клейовим і зварним за працездатністю, особливо при циклічних навантаженнях. Крім того, ручне клепання небажане на виробництві за санітарно-гігієнічними вимогами.

З урахуванням вищезгаданого традиційна клепка, з усіма властивими їй недоліками на сучасному рівні розвитку техніки, не може повністю задовольняти збільшеним експлуатаційно-технічним вимогам.

## **2.7. Розробка операційного технологічного процесу для панелі бічної правої**

Технологічний процес складання – це послідовність установки у складальне положення деталей, вузлів, панелей, їх фіксації та з'єднання між собою способами, передбаченими кресленням. Розробку робочого технологічного процесу складання для серійного виробництва здійснюють відповідно до креслення та схеми складання.

Робоча технологія містить такі відомості про процес складання:

1. Суть операцій та переходів технологічного процесу. Послідовність їх має відповідати певному плану. У загальному випадку процес складання виконується в наступному порядку:
  - підготовка деталей до складання;
  - встановлення деталей у задане кресленням положення;
  - фіксація деталей у встановленому положенні;
  - підготовка деталей до скріплення;
  - скріплення деталей;
  - контроль точності та якості з'єднань;
  - завершальні роботи.
2. Інструмент та обладнання, необхідне для кожної операції, в тому числі контролю.
3. Транспортні і підйомні засоби.
4. Розряди робіт, спеціальності робітників та їх кількість .
5. Норми часу виконання кожної операції.
6. Операції контролю.
7. Організаційно-технічні вимоги.

Розробка ТП робиться з урахуванням наступних обставин:

- а) максимальна технологічна досконалість;
- б) найбільша по можливості продуктивність праці;
- в) найкращі умови праці робітників;

г) забезпечення якості.

Спроектований технологічний процес складання панелі підліхтарної бічної правої представлений у вигляді таблиці 2.3:

Таблиця 2.3 - Технологічний процес складання панелі

N <sub>шт</sub> операції		Обладнання та інструмент
	При роботі дотримуватись вимог техніки безпеки згідно з ІОП 104-06-02-88	
1	Підготувати складальний пристрій до роботи, перевірити комплектність деталей та інструменту.	
2	Встановити обшивку поз.4 в складальний пристрій, фіксувати струбцинами 14шт.	Струбцини 14шт.
3	Встановити заповнювач поз.5 на обшивку поз.4 згідно з кресленням 104.ДП.163.002СБ на клеї ВК-32-200, фіксувати струбцинами 28шт. Витримати час до повного застигання клею.	Клей ВК-32-200, струбцини 28шт.
4	Контроль якості клейової сполуки	
5	Встановити шпангоут поз.1 по розмітці згідно з кресленням, фіксувати струбцинами 2шт.	струбцини 2шт.
6	Свердлити отв. Ø3,6 мм = 20шт. у шпангоуті разом з обшивкою поз.4 і заповнювачем поз.5 по НО шпангоуту.	Пневмодрель СТ-4431S, свердло Ø 3,6мм
7	Повторити опер.6 для шпангоута поз.2	
8	Розфіксувати складання, зняти шп-ти поз.1,2 з обшивки поз.4, видалити задирки біля отворів у місцях виходу свердла, очистити від стружки, пилу.	Щітка волосяна ЦТ ГОСТ10597-87
9	Зібрати складання, встановити в складальний пристрій, фіксувати струбцинами 14шт.	Струбцини 14шт.
10	Клепати шпангоути поз.1,2 разом з обшивкою поз.4 заклепками поз.6	Пневмомолоток КМП-24, підтримка
11	Встановити обшивку поз.3 на заповнювач поз.5 згідно з кресленням 104.ДП.163.002СБ на клеї ВК-32-200, фіксувати рубильниками. Витримати час до повного застигання клею.	Клей ВК-32-200
12	Контроль якості клейової сполуки	
13	Контроль БТК	



14	Покрити головки заклепок після клепки ґрунтом ЕП-0215=1 шар, Ем. ЕП-140 = 2 шар.	Ґрунт ЕП-0215.470 ОСТ1 90055-85, емаль ЕП-140
15	Маркувати та таврувати панель фарбою на місцях, вільних від кріплення	
16	Контроль маси та правильності нанесення ін-формації на панель	

Вимоги, що пред'являються до деталей, що надходять на складання, і складальних одиниць, складаються з вимог по загальній взаємозамінності і вимог, пов'язаних із вживаним методом базування, і процесом складання.

Технічні умови (ТУ) постачання СЧ на складання відсіку є основним технологічним документом, що встановлює вимоги до СЧ.

ТУ постачання СЧ на складання встановлюються з урахуванням наступних основних обставин [6]:

- схеми конструктивно-технологічного розчленовування;
- вибраного (розробленого) методу складання;
- схеми складання;
- максимальної виробничої завершеності СЧ, що поступають на складання відсіку;
- наявності, розмірів і зон розташування в СЧ компенсаторів і оброблюваних припусків, призначених для забезпечення заданої точності геометричних параметрів;
- конструктивно-технологічних характеристик і особливостей СЧ.

Загальні ТУ постачання СЧ на складання відсіку:

- 1) Витримка, в межах встановлених допусків, фактичних розмірів кожного елемента складальної одиниці, рівним креслярським, згідно ОСТ 1 00022-80.
- 2) Правильність положення усіх геометричних контурів деталей відносно базових осей.
- 3) Використання вказаних матеріалів, виконання операційних режимів обробки.
- 4) Забезпечення необхідних мас елементів.
- 5) Покупні агрегати перед складанням повинні піддаватися вхідному контролю, що включає, у тому числі, перевірку наявності технічних паспортів і сертифікатів якості.
- 6) Відсутність на деталях і вузлах тріщин, іржі, знятого покриття та ін. дефектів.
- 7) Подряпини, риски на поверхнях деталей не допускаються.
- 8) Виконання діаметрів отворів під КЕ в межах призначеного допуску.

## 2.8. Розробка схеми базування при складанні носового відсіку

Схема базування – це сукупність настановних баз, необхідні однозначного базування деталей і складальних одиниць з позбавленням їх ступенів свободи [8].

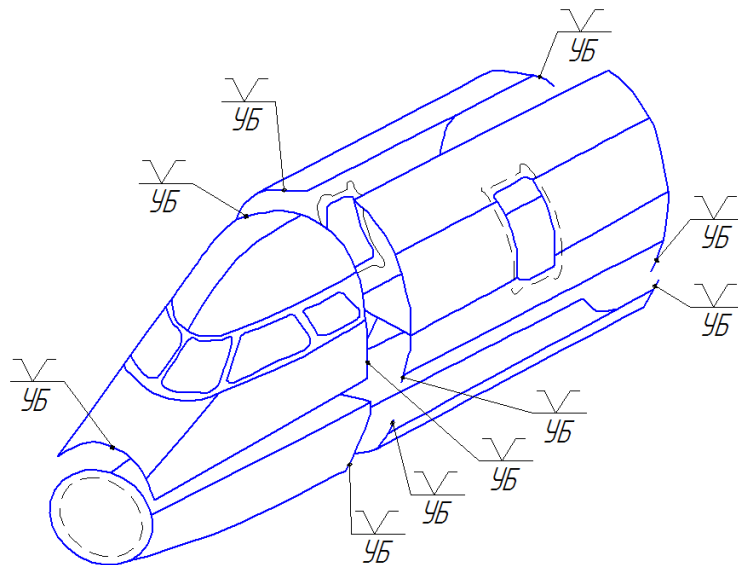
У літакобудуванні деталі, вузли, відсіки та агрегати при складанні базуються за:

- 1 Складальними отворами – СО (для деталей, допуски на розташування яких щодо конструкторських баз більше похибок процесу складання СО).
- 2 Координатно-фіксуючими отворами - КФО (шпангоути, нервюри).
- 3 Зовнішньою поверхнею обшивки – НП (обшивка (або панель) з деталями поперечного набору каркаса).
- 4 Поверхнією каркасу – ПК (обшивки чи панелі встановлюються на базову поверхню каркасу та фіксуються на період виконання з'єднання).
- 5 Настановними базовими отворами - УБВ (складання плоских вузлів).
- 6 Внутрішньою поверхнею обшивки – ВП (панелі з плоскими вузлами).
- 7 Отворами під стикові болти - ОСБ (деталі, що входять у стик з елементами каркасу).

Для забезпечення точності складання необхідно дотримуватися трьох основних принципів базування:

1. Єдності баз (вибір конструктивних баз як складальних).
2. Постійності баз (установча база всіх етапах складання повинна залишатися установочною).
3. Поєднання баз (вибір складальних баз як настановних).

Вибравши метод складання та метод ув'язування складального оснащення, визначимо настановні бази для носового відсіку Ф-1 (рисунку 2.5):



Рисунк 2.5 – Схема базування носового відсіку Ф-1

1. Поверхня каркасу. Ця складальна база використовується у відсіку Ф-1 при встановленні та клепанні панелей. У цьому випадку базування здійснюється поверхнями каркасу.
2. Зовнішня поверхня обшивки використовується як база для нижніх панелей.
3. КФО обрані як настановні бази для опори носової стійки шасі, а також для низинок силових шпангоутів.

## **2.9. Вибір схеми складального пристрою**

### **2.9.1. Складання ТУ на проектування складального пристрою**

Високі вимоги до точності та взаємозамінності елементів конструкції літака, що складаються, забезпечують підвищенням вимог до складальних пристроїв.

Основні технічні вимоги.

1. Забезпечення заданої в ТУ точності складання вузла, яка має бути ув'язана зі ступенем точності складального пристрою.
2. Збереження:
  - точності складального пристрою протягом усього періоду експлуатації;
  - стабільного положення базових точок, вузлів і поверхонь, заданих ТУ на складання та надійності фіксації елементів, що складаються;
  - постійності заданих розмірів незалежно від коливань температури;
3. Використання в конструкції складального пристрою великої кількості стандартних елементів для здешевлення складального пристрою і скорочення термінів технологічної підготовки виробництва;
4. Забезпечення:
  - вільних підходів до виробу, що складають, по горизонталі та вертикалі;
  - кращого використання виробничих площ за рахунок раціональних розмірів пристроїв;
  - достатнього освітлення робочого місця;
  - виконання у пристрої таких видів операцій: установчі, свердлильні, клеपालні.
5. Дотримання правил техніки безпеки.

ТУ на проектування стапеля складання відсіку Ф-1.

1. Призначення стапелю - для загального складання носової частини фюзеляжу.
2. Положення агрегату у стапелі - горизонтальне.

3. Склад підборок, що надходять на складання: гермошпангоут 1, ніша шасі в зборці, панелі бічні, шпангоут №6, каркас ліхтаря з підфонарними панелями і надфонарними, панель нижня, секції лев/прав, перегородка по шп. №7, відсік підлоги кабіни пілотів, відсік підлоги салону.

4. Наставні бази, що використовують при складанні - поверхня каркаса (Ф-1), внутрішня поверхня обшивки (Ф-1), зовнішня поверхня нижньої обшивки, КФО.

5. Фіксуючі елементи агрегату: шпангоут №1, №7 вузли навішування стійки шасі, входні та службові двері, а також вузли навішування обтічника РЛС і ступок носової стійки шасі.

6. Напрямок закладки та виїмка складальних частин та агрегата в цілому - закладка підкладок у стапель збоку, зверху та виїмка готового агрегату проводиться вгору.

7. Механізація – закладка, виїмка за допомогою кран – балки.

8. Передбачити підведення електроенергії для освітлення і живлення засобів ведення технологічного процесу, а також підведення живлення стисненим повітрям.

### **2.9.2. Вибір схеми та компоновання стапеля складання відсіку Ф-1**

Конструктивна схема складального пристрою визначається габаритами, конструкцією та способами базування виробу, що складають.

Розробка ведеться виходячи з дотримання принципів базування: єдності, сталості та суміщення баз.

Для розробки складального пристрою насамперед важливе розташування базових поверхонь і осей, щодо яких будуть складати вироби. За основну базову прийнята будівельна горизонталь літака.

Розробку конструктивної схеми пристрою проводять в наступній послідовності.

1. Детально ознайомлюються з кресленням об'єкта, що збирають.

2. Викреслюють контури Ф-1, наносять базові осі та базисні поверхні (площини) в тому масштабі, який буде прийнятий для проектування загального виду складального пристрою.

2. Намічають місця розташування фіксуючих та затискних пристроїв та визначають їх положення щодо базових осей, відповідно до ТУ на проектування складального пристрою.

3. Підбирають із нормалізованих елементів або розробляють конструкцію фіксаторів і затискачів, що забезпечують необхідну жорсткість і однозначність положення всіх деталей і стикових вузлів об'єкта складання.

4. З врахуванням прийнятого методу забезпечення взаємозамінності та способу монтажу складального пристрою, проробляють вузли кріплення фіксаторів та затискачів до каркасу пристрою.

5. За умов використання максимально можливої кількості нормалізованих елементів, виходячи з конструкції фіксаторів а також вимог зручності роботи, проектують каркас пристрою.

6. Розробляють конструкцію засобів механізації закладки та виймання виробу та засобів механізації окремих елементів пристрою.

7. Проводять опрацювання допоміжних пристроїв та їх прив'язку до каркасу пристрою

8. Проводять перевірочний розрахунок на жорсткість елементів каркаса складального пристрою і остаточно підбирають перерізи.

9. Розраховують фундамент під пристрою.

10. Складають матеріальну специфікацію та відомість на комплектуючі виробу, необхідні для оснащення пристрою.

Відповідно до вищенаведеного була розроблена схема пристрою для складання Ф-1.

Стапель складання складається з:

1. Колон 1, на яких монтують усі елементи стапеля;
2. Балок 2, призначені для фіксації на них рубильників;
3. Фіксаторів 3 для закріплення деталей у складальному положенні;
4. Рубильників 4, що служать для забезпечення ТКФ.

Так як деталі стапеля повинні бути абсолютно жорсткими, то в нашому випадку від жорсткості рубильників залежить точність складання вузла. Конструкція стапеля повинна забезпечувати вільний доступ до всіх робочих зон. Фіксатори визначають та закріплюють деталі відсіку у складальному положенні. Схема стапеля зборки відсіку Ф-1 показана на рисунку 2.6.

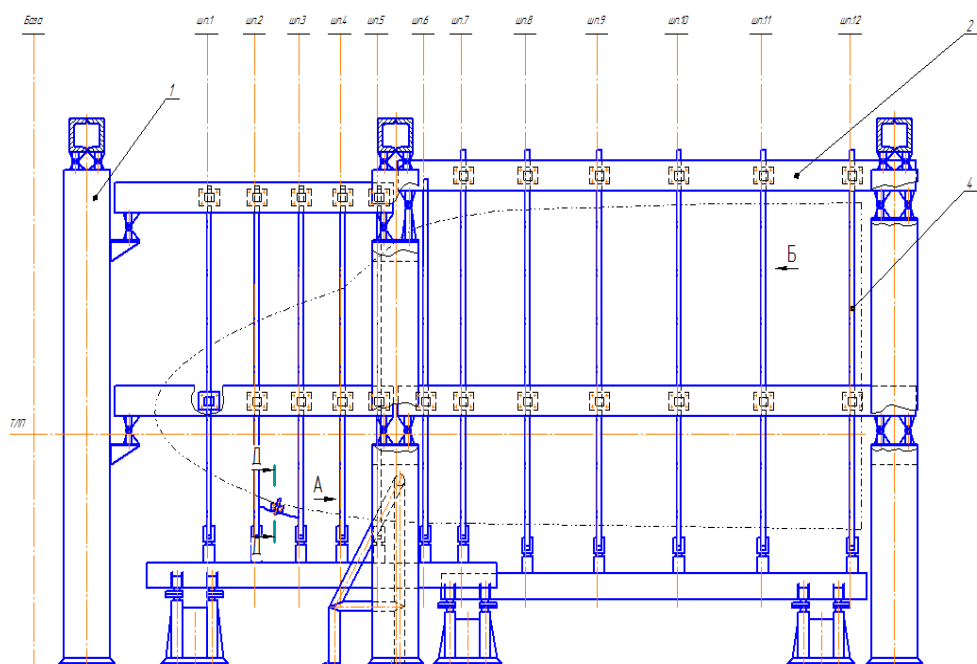


Рисунок 2.6 – Схема стапеля складання відсіку Ф-1

ТУ на монтаж стапелю:

1. Виготовлення балок пристрою (залиття вилок) робити на інструментальному стенді (ІС).
2. Виготовлення рубильників проводити на верстатах з ЧПК.
3. Монтаж стапелю проводити за координатно-інструментальним методом з використанням монтажних плит.
4. Контроль монтажних операцій проводити оптичними засобами.

Укрупнений технологічний процес монтажу стапелю:

1. На ІС установити в стакани балок вилки кріплення рубильників, монтажних плит, калібрів стика; реперні майданчики для встановлення балки на колони.
2. Виготовити рубильники, ложементи.
3. Згідно з кресленням закласти фундамент.
4. Встановити основи.
5. Встановити колони на основи, кріпити силовими болтами.
6. Встановити кронштейни на колони за розміткою.
7. Встановити поздовжні балки на колони за розміткою.
8. За допомогою спеціального калібру в склянки кронштейнів встановити балкові репера, за допомогою оптичних засобів монтажу провести вивіряння горизонтального положення калібру. Зазори у стаканах залити цементом НІАТ-МЦ.
9. Встановити поздовжні балки на колони, кріпити балкові репера з реперними майданчиками на балках технологічними болтами.
10. Встановити касети зовнішніх настилів на колони, кріпити тех./болтами. Потім встановити огорожі, сходи.
11. Навісити на вилки поздовжніх балок рубильники, фіксувати штирями.
12. Встановити внутрішні настили (відкидні майданчики), кріпити їх із зовнішніми настилами.
13. Встановити фіксатор вузла навішування носової стійки шасі, кріпити його до силової підлоги болтами.

Конструкторське креслення стапеля складання відсіку Ф-1 представлено в додатку.

## **2.10. Розробка конструкції фіксатора навішування носової стійки шасі**

Оснащення другого порядку призначене для виготовлення або монтажу робочої, заготівельної або складальної оснастки. Тому вона виготовляється з більш високою точністю, повинна мати підвищену жорсткість, і виконується за конструкторським кресленням цієї оснастки (ККО).

В даному випадку був обраний фіксатор навішування носової стійки шасі. Він необхідний для установки та контролю правильності положення фіксаторів навішування носової стійки шасі, що знаходяться в стапелі.

Конструкція фіксатора складається з наступних деталей:

1. Кронштейни поз.1, за допомогою яких фіксатор кріпиться до підлоги.
2. Основа фіксатора 2, що кріпиться до кр-ів поз.1.
3. Стійка поз.3, що імітує носову стійку шасі.
4. Фіксатор поз.4 носової стійки.
5. Репери поз.10, за допомогою яких кр-н, основа фіксатора та стійка кріпляться між собою.
6. Нормалі.

Конструкторське креслення фіксатора навішування носової стійки шасі представлено в додатку.

## 2.11. Технічний проект обладнання для механізації складального процесу

Прес клепальний пневморичажний КП-204М призначений для клепки дрібних та середніх вузлів.

Зусилля преса дозволяє виробляти групову (не більше 4 шт.) Клепку дюралюмінієвих заклепок діаметром 3мм. Конструкція преса і інструменту, що поставляється з ним, не забезпечує попереднього стиснення пакета.

Технічні характеристики:

Найбільший тиск, який розвивається пресом при тиску повітря 0,5мПа, Н: 5x104;

Найбільший діаметр заклепок, що розклепуються, мм:

- з алюмінієвих сплавів В65Д18: 6;

- із сталі 15А: 5;

Найбільша товщина пакета, що склепується, мм: 60;

Виліт скоби, мм: 1000;

Зів скоби, мм: 260;

Тиск повітря у пневмережі, мПа: 0,45/0,6;

Габарити ДхШхВ, мм: 1600x770x1800;

Маса кг: 910.

## 2.12. Уточнення типу виробництва

Тип виробництва на більшості основних ділянок цеху визначає тип виробництва цеха, тип виробництва більшості робочих місць на ділянці – визначає тип виробництва на ділянці. Тип виробництва на робочому місці визначається коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о}$ .

Робоче місце серійного виробництва спеціалізується на виконанні кількох закріплених за ним операцій, що чергуються в певній послідовності.

Не дивлячись на те що у нашому випадку  $K_{з.о}$  знаходиться в інтервалі від 1 до 20, робити висновок про величину серійного виробництва по  $K_{з.о}$  не можна. При стапельному стаціонарному складанні тип виробництва визначається не характером і ступенем завантаження стапелів (т. я. спеціальне оснащення довантажити іншими виробами неможливо), а характером завантаження робітників-складальників і частотою їх переміщення від одного робочого місця до іншого.

Бригадна форма організації процесу складання застосовується в одиничному (дослідному) виробництві, в серійному виробництві застосовують операційну або операційно-потокową форми складання.

Вибираємо серійне виробництво з операційно-потокową організацією праці. Програма випуску виробів в рік – 65 шт.

### **2.13. Вибір організаційної форми складання відсіку Ф-1**

У літакобудуванні відомі три форми організації процесів складання:

- бригадна;
- операційна;
- операційно-поточна.

Найважливішими ознаками складання при операційно-поточному виробництві є:

1. За кожним виконавцем (або групою робітників) закріплюють постійні завдання з певним обсягом роботи.

2. Робочі місця розташовують в порядку послідовності виконання технічного процесу.

3. Обсяги міжопераційного незавершеного виробництва малі.

4. Для всіх робочих місць певний ритм в роботі, загальний.

При застосуванні операційно-потокową складання забезпечується різний випуск продукції при поліпшенні її якості і зниженні собівартості.

Для виробництва Ф-1 прийнято метод, заснований на принципі операційно-потокową складання, при якому вироби передаються з одного робочого місця на інше, а виконавці виконують виробничі завдання на постійно встановленій для них робочій ділянці.

### **2.14. Розробка циклового графіка складання Ф-1**

Цикловий графік – основний технічний документ потокową лінії складання носового відсіку фюзеляжу. У ньому зазначаються такі відомості:

- зміст укрупнених операцій;
- послідовність їх виконання;
- тривалість виконання кожної укрупненої операції;
- кількість одночасно працюючих при виконанні кожної укрупненої операції;
- тривалість виконання завдання.



Вихідними даними для побудови циклового графіка є технологічний процес і загальна трудомісткість складання, програма випуску, такт і встановлена щільність робочих місць.

Трудомісткість складання відсіку Ф-1 становить:  $T=640$ г.

Кількість виробів на рік: 65вир/рік.

Такт випуску – інтервал часу між послідовним випуском з наступних один за одним виробів. Такт випуску визначається за такою формулою:

$$\tau = \frac{\Phi_p}{N_{\text{вып}}}$$

де  $\Phi_p$  - Розрахунковий фонд часу, год;

$N_{\text{вып}}$  - Програма випуску виробів, вир / рік.

Фонд часу знаходиться за формулою:

$$\Phi_p = m * s * t_{\text{см}}$$

де  $m$  – кількість робочих днів на рік;

$t_{\text{см}}$  - Тривалість зміни, год;

$s$  – кількість робочих змін на добу.

Фонд робочого часу [11]:

$$\Phi_p = 260 * 2 * 8 = 4160ч$$

Тоді:

$$\tau = \frac{4160}{65} = 64ч$$

Цикл складання - це час, протягом якого виріб виготовляється від початку до кінця.

Цикл складання визначається за формулою:

$$Ц = \frac{T}{n}$$

де  $T$  - трудомісткість виготовлення відсіку Ф-1, год;

$n$  – кількість одночасно працюючих на збиранні об'єкта.

Величину циклу розраховують за цією формулою у тому випадку, коли працює однакова кількість робочих на кожній операції. У разі цикловий час дорівнює сумі циклових робіт з кожної операції.

Знаючи трудомісткості виконання кожної укрупненої операції та визначивши цикловий час, можна побудувати цикловий графік складання. Цикловий графік складання відсіку Ф-1 представлений у додатку.

## 2.15. Технологічні розрахунки цеху, що проектується

Проектування цехів авіабудівних заводів – складний та трудомісткий процес знаходження раціональних рішень компоновання та планування. На етапах проектування визначають необхідні для виробництва матеріальні та технічні ресурси: тип та кількість обладнання, виробничі площі, площі допоміжних та побутових приміщень цеху, ступінь автоматизації, склад цеху.

До складу агрегатно-складальних цехів входять виробничі відділення, допоміжні служби, склади, контори, побутові приміщення.

Режимний фонд часу роботи підприємства та обладнання складає  $\Phi_p = 4160$  год

Справжній річний фонд:

— роботи робітників:  $\Phi_{д.роб} = 1810$ г.;

— роботи обладнання при двозмінному робочому дні:  $\Phi_{д.обор.} = 4077$ г.

### Розрахунок кількості обладнання

Для проектування цеху необхідно поряд із характеристикою та номенклатурою деталей знати трудомісткість їх виготовлення.

Трудомісткість – час, використаний для виготовлення одного виробу.

Розрахунок річної трудомісткості:

$$T_{год.i} = t_i \cdot N_{вып.i}$$

де  $t_i$  - і-те робоче місце (трудомісткість).

Розрахунок кількості основного виробничого устаткування цеху залежить від форми організації виробництва. Крім того, в агрегатно-складальному цеху при розрахунку кількості обладнання необхідно прийняту кількість за цим видом робіт вказувати з комплектом агрегату на машину. Наприклад, число пристроїв складання віконних секцій не може бути менше двох (для лівої та правої секції).

Загальна кількість основного обладнання цеху визначається як сума одиниць окремих видів обладнання, необхідних виготовлення всієї номенклатури виробів цеху. Розрахункова кількість обладнання з і-тої операції:

$$C_{расч.i} = \frac{T_{год.i}}{\Phi_{д} \cdot K_{одн} \cdot K_{вн}}$$

де  $T_{год.i}$  - річна трудомісткість і-тої операції;

$\Phi_{д}$  - дійсний фонд оснащення; ( $\Phi_{д} = 4077$  годин);

$K_{одн}$  - кількість одночасно працюючих;

$K_{вн}$  - коефіцієнт виконання норми часу,  $K_{вн} = 1$ .

Розрахунок кількості обладнання та виробничих площ представлений у вигляді табл. 2.7:

Таблиця 2.7 - Розрахунок кількості обладнання (стапелів) та виробничих площ

№ роб. місця	Найменування обладнання (найменування робочих місць)	Трудо-місткість, год	Річна трудо-місткість робіт, год	$K_{одн}$ , чол	$C_{расч}$	$C_{принято}$	Коеф. завантаження $K_z$	Питома площа, м <sup>2</sup>	Загальна площа, м <sup>2</sup>
1	Стапель складання носової частини фюзеляжу	960	62400	6	2,55	3	0,85	60	180
2	Стенд позастапельного складання відсіку Ф-1	1020	66300	6	2,71	3	0,9	60	180
3	Пристрій для складання гермошпангоуту №1	120	7800	2	0,96	1	0,96	10	10
4	Пристрій для складання низинки шп.	120	7800	2	0,96	1	0,96	6	6
5	Пристрій для складання стін ніші шасі	158	10270	5	0,50	1	0,5	8	8
6	Пристрій для складання панелі ніші шасі	158	10270	4	0,63	1	0,63	8	8
7	Пристрою для складання панелі бічної лівої	203	13195	4	0,81	1	0,81	12	12
8	Пристрою для складання панелі бічної правої	203	13195	4	0,81	1	0,81	12	12
9	Універсальний пристрій для стикування	203	13195	6	0,54	1	0,54	15	15

	стінок ніші шасі шп.№1, шп.№6, пане- лей бічних								
10	Пристрій для складання каркаса ліхтаря	175	11375	6	0,47	1	0,47	6	6
11	Пристрій для складання панелі надліхтарної лівої	175	11375	4	0,70	1	0,70	7	7
12	Пристрій для складання панелі надліхтарної правої	175	11375	4	0,70	1	0,70	7	7
13	Пристрій для складання панелі підліхтарної правої	203	13195	4	0,81	1	0,81	12	12
14	Пристрій для складання панелі підліхтарної лівої	203	13195	4	0,81	1	0,81	12	12
15	Пристрій для складання панелі підліхтарної пе- редньої	142	9230	4	0,57	1	0,57	10	10
16	Пристрою для стику- вання каркаса ліхтаря, під- та надліхтарних па- нелей	300	19500	6	0,8	1	0,8	8	8
17	Пристрою для скла- дання секції бічної	200	13000	6	0,53	1	0,53	15	15

	лівої, встановлення окантовки дверей вхідний								
18	Пристрою для складання секції бічної правої, встановлення окантовки дверей службової	200	13000	6	0,53	1	0,53	15	15
19	Пристрій для складання панелі нижньої	362	23530	4	1,44	1	1,44	20	20
20	Пристрій для складання настилу гермокороба	240	15600	6	0,64	1	0,64	30	30
21	Пристрій для складання перегородки по шп.№7	80	5200	6	0,21	1	0,21	18	18
22	Універсальний пристрій для складання низинок і бічних частин шпангоутів	538	34970	6	1,43	2	0,71	50	100
	Разом:	6138	398970	121	17,88	27	0,66		691

Розрахунок кількості основного виробничого устаткування цеху залежить від форми організації виробництва. Крім того, в агрегатно-складальному цеху при розрахунку кількості обладнання необхідно прийняту кількість за цим видом робіт вказувати з комплектом агрегату на машину. Наприклад, число пристроїв складання віконних секцій не може бути менше двох (для лівої та правої секції).

Загальна кількість основного обладнання цеху визначається як сума одиниць окремих видів обладнання, необхідних виготовлення всієї номенклатури виробів цеху. Розрахункова кількість обладнання з і-тої операції:

$$C_{расч.і} = \frac{T_{год.і}}{\Phi_{\vartheta} \cdot K_{одн} \cdot K_{вн.}}$$

де  $T_{год.і}$  - річна трудомісткість і-тої операції;

$\Phi_{\vartheta}$  - дійсний фонд оснащення; ( $\Phi_{\vartheta} = 4077$  годин);

$K_{одн.}$  - кількість одночасно працюючих;

$K_{вн.}$  - Коефіцієнт виконання норми часу,  $K_{вн.} = 1$ .

Розрахунок кількості обладнання та виробничих площ представлений у вигляді таблиці 2.7:

Отримана в результаті розрахунку дробова кількість обладнання (стапелів) округляється до цілого значення, як правило, у бік збільшення, і ця ціла кількість стапелів приймається до встановлення.

Відношення  $S_{расч.}$  до  $S_{прийняте}$  визначає ступінь використання стапелів у часі та називається коефіцієнтом завантаження:

$$K_{зі} = S_{расч.і} / S_{прийняте і}; K_{зі} \leq 1$$

Штат основних робітників наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Розрахунок кількості основних робітників

Професія	Річна трудомісткість $T_{год.і}$ , норма-годинник	$\Phi_{\vartheta}$ ч	Кількість робітників	
			R роз	R прин
Слюсар-складальник (свердувальник, клепальник, герметизаторник)	398970	1810	220,4	221

Штат допоміжних робітників, ІТП, КСП та МОП визначаються за таблицею 10.9 [4].

Штат допоміжних робітників наведено у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Штат допоміжних робітників

Найменування професії	Чисельність, чол.
Слюсар з обслуговування обладнання	12
Електромонтер	9
Комплектувальник виробничих складів	8
Комірник та роздавальник креслень	9
Транспортні робітники	12
Прибиральники цеху	8
Контролери	9
Разом:	67

Штат ІТР наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Штат ІТР

Посада	Чисельність, чол.
Начальник цеху	1
Заст. начальника цеху з виробництва	1
Начальник ТБ	1
Начальник ПДБ	1
Начальник БТЗ	1
Начальник БТК	1
Механік цеху	1
Старший майстер	2
Технолог	8
Інженер з інструменту	1
Плановик	1
Майстер	8
Диспетчер	2
Технік за матеріалами	1
Нормувальник	1
Економіст	2
Контрольний майстер	1
Разом ІТР:	35

Штат конторсько-службового персоналу наведено у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Штат конторсько-службового персоналу

Посада	Чисельність, чол.
Нарядник	2
Обліковець	2
Архіваріус	1
Завгосп	1
Разом службовців:	6

Штат молодшого обслуговуючого персоналу наведено у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Штат молодшого обслуговуючого персоналу

Посада	Чисельність, чол.
Прибиральник конторських приміщень	2
Гардеробник	1
Разом МОП:	3

За результатами розрахунку штат цеху складається із 331 особи.

#### **Розрахунок площ та обсягу цеху**

Площа цеху за призначенням поділяється на:

1. робочу:
  - виробничу;
  - допоміжну;
2. підсобна:
  - енергетична;
  - обслуговуюча;
3. складська:
  - адміністративно-технічна;
  - побутова.

Площа виробничих ділянок визначається як сума площ приміщень, що розташовуються на поверхах виробничих будівель, а також на антресолях, обслуговуючих майданчиках, етажерках, галереях, естакадах, підвалах та інших місцях, призначених для розміщення виробничого обладнання та стапелів ділянок, на яких виготовляють деталі, складають та випробують вузли, агрегати та літаки в цілому. Площі для розміщення складальних пристроїв по ділянках були наведені у таблиці 3.



Виробнича площа розраховується за формулою  $S = C_{\text{прин}} * S_{\text{уд}}$

та становить 18657м<sup>2</sup>.

Допоміжна площа у масштабі заводу складається із суми площ інструментальних; ремонтно-механічних цехів, цехів складальних пристроїв, а також комплексу цехів спеціального технологічного оснащення (штампів, верстатних пристроїв тощо). У цеховому плані до цієї площі належать ділянки ремонту обладнання та інструменту.

Складська площа визначається як сума площ, призначених для зберігання матеріалів, хімікатів, стислих газів, готових виробів, необхідних для виробництва та ремонтно-господарської діяльності підприємства, а також для зберігання готової продукції.

У складі цехів до складських площ відносяться: інструментальні комори ІРК; комори для зберігання всіх напівфабрикатів та готових виробів; комплектвальні склади; склади та комори запасних частин до обладнання та стапелів; площі для зберігання макетів та контрмакетів до стапельної оснастки в агрегатно-складальних цехах; комори шаблонів у всіх цехах, пов'язаних з плазово-шаблонним методом.

Допоміжна та складська площі визначаються за таблицею 2[3] та занесені до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Допоміжна та складська площі

Найменування ділянки	Площа, м2
1. Ділянка слюсарів з обслуговування обладнання та електриків	12
2. Майстерня ПРИМ	48
3. Інструментально-роздавальна комора (ІРК)	10
4. Архів креслень	12
5. Комора господарських матеріалів	14
6. Матеріальні комори (МАСК, ПРОСК, СГД)	170
Разом:	266

Адміністративно-технічні площі та площі побутових пристроїв:

— адміністративно-технічні служби, що розміщуються у виробничих будівлях, складаються із заводоуправління, машинорахункової станції

або інформаційно-обчислювального центру, технічної бібліотеки, технічних кабінетів, архівів, навчальних класів, бюро перепусток, радіовузла, редакції та друкарні, приміщення охорони підприємства тощо.

- площі побутових пристроїв – площі, зайняті гардеробами, душовими, умивальниками, столовими, буфетами, кімнатами для приймання їжі, медпунктами, спортивними залами тощо.

Інша площа – це площі розташування тамбурів, корпусних проїздів, сходових кліток, вентиляційних камер тощо. Вона становить 26% від загальної площі цеху та дорівнює 4850 м<sup>2</sup>.

## **2.16. Розробка заходів щодо організації робочих місць**

Загальний посібник з техніки безпеки та промислової санітарії покладено на директора та головного інженера підприємства. Саме головному інженеру підпорядкований відділ з техніки безпеки. На ділянці відповідальність за виконання правил техніки безпеки несе виробничий майстер.

Порушення правил та норм безпеки тягне за собою адміністративне, дисциплінарне чи кримінальне покарання.

При організації роботи на робочому місці збирача потрібно дотримуватися таких вимог техніки безпеки:

- видати з комори лише справний інструмент;
- утримувати в порядку шланги пневмопристроїв;
- мати на переносних електролампочках захисну сітку, справну ізоляцію;
- стапель і його частини, що відкидаються, утримувати у справному стані;
- робочі місця та проходи потрібно утримувати в чистоті та не захащувати деталями, інструментом та матеріалами.

Основними заходами з охорони праці є:

- автоматизація та механізація технологічних процесів, огороження рухомих частин та небезпечних зон, перехід від процесів із шкідливими умовами праці до нешкідливих процесів;
- нормальне освітлення, чистота, раціональне розміщення робочого місця, комфорт (опалення, вентиляція, фарбування обладнання), засоби шумопоглинання;
- регламентація праці та відпочинку, запровадження виробничої гімнастики, навчання безпечним методам виконання робіт, забезпечення спецодягом та засобами захисту (окулярами, респіраторами, протишумами).

Працюючи з інструментом, що створює вібрації, робітники проходять медичний огляд і виконують процедури. Для цього у кожному цеху має бути процедурна.

Забезпечення техніки безпеки багато в чому залежить від працюючих. З цією метою необхідно ретельно дотримуватись відповідних інструкцій у цеху. Стан охорони праці та техніки безпеки на підприємстві повсякденно контролюється органами нагляду професійних спілок та заводськими громадськими організаціями.

Додаткові вимоги:

1. Покриття підлоги повинно бути стійким до механічних впливів, безшовним, маслостійким, стійким до органічних розчинників, безпилотним, вогнестійким, що допускає вологе прибирання. Повинно витримувати навантаження 10Н/м<sup>2</sup>.
2. Покриття стін стійке до органічних розчинників на висоту до двох метрів, вище – гладке, пиловідштовхувальне, що допускає вологе прибирання.
3. У цеху має бути електрочасофікація, радіофікація, гучномовний зв'язок.
4. У приміщеннях майстра, контролера та складів передбачені кодові замки.
5. Кількість точок підведення стисненого повітря дорівнює 33 точкам.
6. Тиск повітря у пневмережі – 5МПа.
7. У кожній точці підведення стисненого повітря передбачено по 4 штуцери для підключення пневмоінструменту.

Вимоги до стиснутого повітря такі: розмір твердих частинок повітря не більше 40мм; вміст твердих частинок трохи більше 4мг/м<sup>2</sup>, вода та олія в рідкому стані не допускається.

У цеху для складання носового відсіку фюзеляжу перераховані вище вимоги виконуються в повному обсязі, що забезпечує безпечні умови праці для робітників збірників та іншого персоналу. Вимоги до техніки безпеки постійно контролюються, що забезпечує їх виконання.

## 2.17. Система управління виробництва у цеху

Цех є самостійним структурним виробничо-господарським підрозділом підприємства, що забезпечує виконання виробничого плану за всіма техніко-економічними показниками. Відповідно до характеру виробничого процесу та призначення робіт цех є основним (виробничим) та підпорядковується директору департаменту з виробництва.

Цех очолює начальник цеху, який призначається, переміщається та звільняється з посади наказом генерального директора підприємства за поданням директора департаменту з виробництва.

Начальник цеху здійснює безпосереднє керівництво виробничою діяльністю цеху щодо виконання виробничого плану та контролює роботу всіх служб цеху.

Цех має у своєму складі виробничі ділянки та інші підрозділи відповідно до затвердженої генеральним директором підприємства структурної схеми та укомплектовується кадрами відповідно до штатного розкладу, затвердженого генеральним директором підприємства.

Цех має у постійному користуванні виробничі та побутові приміщення, споруди, технологічне та підйомно-транспортне обладнання, технологічне та організаційне оснащення, господарський інвентар.

Цех виконує певні виробничі функції і бере участь самостійно у реалізації бік своєї продукції.

Цех створюється та ліквідується наказом генерального директора підприємства за поданням директора департаменту з виробництва.

Цех керується у роботі наказами та розпорядчими документами генерального директора підприємства, головного інженера, заступників генерального директора підприємства, головних фахівців та існуючим положенням.

Організація управління виробництвом має забезпечувати:

1. У галузі виробничо-технічної діяльності:

— участь у розробці та узгодженні розрахунків виробничих потужностей, технологічних планувань та технологічних процесів, доборі та комплектації обладнання цеху, організаційно-технічних заходів та модернізації обладнання;

— забезпечення ефективної експлуатації та збереження обладнання, інструменту, технологічного оснащення, енергетичного господарства, будівель та споруд цеху;

— виконує всі роботи у суворій відповідності до креслень, технічних умов, технологічних процесів, вимог надійності виробів;

— впровадження прогресивної технології виробництва та прогресивних норм матеріальних та трудових витрат, контроль за дотриманням технологічної дисципліни;

— участь у розробці та здійсненні комплексних планів щодо наукової організації праці та виробництва;

- створення безпечних умов праці, дотримання правил норм з техніки безпеки, промислової санітарії, а також правил пожежної безпеки на всіх роботах, що виконуються цехом;

- повсякденне регулювання ходу виробництва, вжиття заходів для взаємної ув'язки робіт усіх ділянок діяльності цеху, забезпечення їх рівномірної роботи та ритмічного випуску, продукції відповідно до затверджених планів.

## 2. У галузі економіки, планування, обліку та звітності:

- систематичний аналіз, виявлення та мобілізація внутрішніх резервів для зростання продуктивності праці, зниження собівартості та покращення якості продукції, розробка та впровадження заходів щодо покращення використання виробничих фондів цеху;

- організація оперативно-виробничого планування. Встановлення дільниць, змін та окремих робочих кількісних та якісних показників плану, що забезпечують виконання затверджених цеху планових завдань з найбільшою економічною ефективністю;

- ведення оперативного статистичного та бухгалтерського обліку, що забезпечує своєчасність, достовірність показників діяльності цеху, запровадження нормативного методу обліку витрат на виробництво, організація та ведення табельного обліку, облік ходу виробництва.

## 3. У сфері підбору, розстановки та використання кадрів, організації праці та заробітної плати.

- комплектування, правильний підбір, розстановка керівних, інженерно-технічних та робочих кадрів;

- забезпечення працівників цеху спецодягом, захисними пристроями, нейтралізуючими речовинами та необхідними побутовими умовами відповідно до чинних норм;

- забезпечення трудової дисципліни в цеху, боротьба з прогулами та плинністю кадрів;

- організація праці та розстановка працівників цеху відповідно до спеціальності та кваліфікації;

- організація поєднання професій та функцій працюючих цеху.

### 2.18. Система управління якістю продукції

Потрібний комплексний підхід до вирішення даної проблеми, тобто на кожному підприємстві (особливо на великому і середньому) має бути розроблена і впроваджена система управління якістю продукції відповідно до стандартів ISO 9000

Основні групи заходів, реалізація яких буде сприяти підвищенню якості та конкурентоспроможності продукції.

Технічні заходи, до яких відносяться: впровадження у виробничий процес нових видів техніки і технології; вдосконалення застосовуваних стандартів і технічних умов підприємства, сертифікація продукції; підвищення якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів, використовуваних у виробництві продукції; підвищення технічного рівня метрологічної служби на підприємстві.

Організаційні заходи підвищення якості продукції, а саме: впровадження сучасних форм і методів організації виробництва та управління; вдосконалення системи контролю і самоконтролю на всіх стадіях виготовлення продукції; скорочення обсягів або зняття з виробництва неконкурентоспроможної продукції; запозичення та використання передового вітчизняного і зарубіжного досвіду в галузі підвищення якості продукції.

Соціально-економічні заходи підвищення якості продукції, до яких відносяться: формування узгодженої системи прогнозування та планування необхідного рівня якості виробів; матеріальне та моральне стимулювання персоналу за високоякісне виконання обов'язків; підвищення рівня кваліфікації працівників; формування в колективі гідності за якість продукції та марку свого підприємства; ефективна цінова політика, що передбачає, в тому числі, встановлення максимально прийнятних для продавців і споживачів цін; вивчення вимог покупців до якості продукції та кон'юнктури ринку.

Тому до основних шляхів підвищення управління якістю продукції відносять:

- використання досягнень науки та техніки в процесі проектування виробів;
- запровадження новітньої технології виробництва і суворе дотримання технологічної дисципліни;
- забезпечення належної технічної оснащеності виробництва;
- удосконалення застосовуваних стандартів і технічних умов;
- поліпшення стандартизації як головного інструменту фіксації та забезпечення заданого рівня якості, адже саме стандарти й технічні умови відзеркалюють сучасні вимоги споживачів до технічного рівня;
- збільшення випуску сертифікованої продукції; покращення окремих показників якості продукції, що випускається на підприємстві;
- запровадження сучасних форм та методів організації виробництва та управління;
- удосконалення методів контролю й розвиток масового самоконтролю на всіх стадіях виготовлення продукції;
- покращення заходів щодо застосування узгодженої системи прогнозування та планування необхідного рівня якості виробів;
- збалансування прийнятих для продуцентів та споживачів цін на продукцію;

- використання ефективної мотивації праці всіх категорій персоналу підприємства, що є одним із головних факторів підвищення якості продукції;
- всебічна активація людського чинника та проведення кадрової політики, адаптованої до ринкових умов господарювання.

Боротьба за якість – це ліквідацію браку, за здачу продукції з першого пред'явлення. Для недопущення випуску браку організовано службу технічного контролю, на яку покладено такі завдання:

- забезпечувати випуск готової продукції повністю укомплектованої та строго відповідної кресленням, стандартам, ТУ;
- розробити та впровадити у виробництво профілактичний контроль, що запобігає випуску браку
- на всіх стадіях виготовлення продукції;
- контроль за дотриманням технології у процесі виробництва та перевірки якості продукції;

Основні засади організації контролю:

- здійснення остаточної перевірки та випробування готової продукції;
- контроль проміжних операцій робітниками виконавцями та майстрами;
- контроль за дотриманням технологічної дисципліни начальниками цехів та майстрами.

Усі види контролю виробляються за типовими технологічними картами контролю. Для виконання операцій контролю застосовуються такі пристрої та інструменти:

- універсальний інструмент, розрахований визначення багатьох параметрів: індикатори, лінійки, штангенциркули, щупи, мікрометри;
- граничний інструмент, розрахований визначення таких параметрів: діаметра, контуру, малки тощо. буд.;
- спеціальні контрольні пристрої та стенди.

### **3. Економічний розділ**



### 3.1. Технологічна собівартість складання носової частини фіюзеляжу

#### 3.1 Визначення чисельності та фонду заробітної плати основних виробничих працівників, допоміжних працівників, керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) [12]

Для визначення собівартості виробу необхідно визначити [13]: - вартість основних матеріалів; - зворотні відходи; - заробітну плату виробничих працівників (основна та додаткова); - відчислення у фонд ЄСВ з заробітних плат; - загальновиробничі постійні та змінні витрати; - витрати на освоєння нових видів виробу.

Собівартість виробу обчислюється як:

$$C_{\text{Вир}} = VM - 3B + O3PP + D3PP + \text{ЄСВ}PP + PeB + PoB + BПB \quad (3.2)$$

*Розрахунок фонду оплати праці основних виробничих працівників.*

При розрахунках заробітної плати за основу приймається відрядно-преміальна система оплати праці та загальноприйнята її структура: основна зарплата (згідно тарифної сітки вартості розрядів) і додаткова зарплата, що складається з денних і місячних доплат.

Додаткова заробітна плата включає у себе: премії з фонду зарплати, премії з фонду майстра, доплати за роботу в нічний час, за керівництво бригадою, за навчання учнів. Дані фонди формують за погодженням з трудовим колективом підприємства.

Основну заробітну плату виробничих працівників (ОЗВП) для виробу (річної програми випуску) проектного агрегату розраховують за формулою:

$$OЗВП = TP * CBTC,$$

де - TP – трудомісткість річної програми складання агрегату;

CBTC – середня вартість тарифної ставки, грн.

$$TP = T_{\text{шт}} * A,$$

де - T<sub>шт</sub> – трудомісткість програми складання 1 агрегату, (6138 н/год);

A – програма випуску проектного агрегату (65 шт).

Отже,

$$TP = 6138 * 65 = 398970 \text{ н/год}$$

Середній розряд робіт (CP) та середню вартість тарифної ставки (CBTC) виробничих робітників цеху розраховуємо за формулою:

$$CP = \Sigma (P \times KBOП) / \Sigma KBOП,$$

$$CBTC = \Sigma (KBOП \times BTC) / \Sigma KBOП,$$

де - KBOП – кількість основних виробничих працівників, чол,

P – розряд виконуваних робіт,

BTC – вартість тарифної ставки.

Склад основних виробничих працівників, середній розряд і середня годинна ставка приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Штат виробничих робітників цеху за розрядами і середньої годинної ставки

Розряд робіт, Р	Кількість ОВП, КОВП, чол.	Годинна ставка ВТС, грн./н/год	Розрахункові дані	
			Р x КВОП	КВОП x ВТС
3	90	74,88	270	6739,2
4	60	84,24	240	5054,4
5	36	96,72	180	3481,92
6	35	112,32	210	3931,2
ВСЬОГО	221	X	900	19206,72

Отже, середній розряд складає:

$$CP = 900 / 221 = 4,07$$

середня відрядна тарифна ставка:

$$CBTC = 17265,22 / 221 = 86,9 \text{ грн.}$$

Далі розраховуємо основну заробітну плату виробничих працівників :

$$OЗВП = 398970 \text{ н/год} * 86,9 \text{ грн} = 34673778,6 \text{ грн}$$

Додаткову заробітну плату виробничих працівників (ДЗВП) обчислюємо згідно з формулою наступним чином:

$$ДЗВП = OЗВП * НДО / 100,$$

де - НДО – норматив величини додаткової заробітної плати відносно основної, НДО – 35 %.

$$ДЗВП = 31167536,4 \text{ грн} * 35 \% / 100 = 12135822,5 \text{ грн.}$$

Далі розраховуємо відрахування єдиного соціального внеску (ЄСВ) із заробітної плати основних виробничих працівників, який включається у собівартість виробів, за наступною формулою:

$$ЄСВ = (OЗВП + ДЗВП) * НЄСВ / 100;$$

де - НЄСВ - норматив відрахувань ЄСВ, (22 %).

$$ЄСВ = ((31167536,4 + 10908637,7) * 22\%) / 100 = 10298112,2 \text{ грн}$$

Отже, всього фонд оплати праці основних виробничих працівників складає 57107713,3 грн.

#### *Розрахунок фонду оплати праці допоміжних працівників.*

Кількість допоміжних працівників визначено відповідно до норм обслуговування, а фонд оплати праці визначаємо відповідно до прийнятої системи оплати праці (погодинна або окладна) і дійсним фондом робочого часу.

Заробітну плату допоміжних працівників визначаємо залежно від їх розрядів, виду оплати праці і відпрацьованого часу.

Отже, з кожної професії допоміжних працівників необхідно визначити три показники заробітної плати за нижче наведеними формулами.

Основна заробітна плата допоміжних робітників (ОЗДП) *i*-ї професії визначається за формулою:

$$OЗДП = ЧДП * ДЧ * СОЧ,$$

де - ДЧ – дійсний фонд часу, відпрацьованого працівником за рік (1987 год);

СОЧ – ставка/оклад оплати за одиницю часу (в грн/год або грн/місяць);

ЧДП - чисельність допоміжних працівників *i*-тої професії.

Додаткова заробітна плата допоміжних робітників (ДЗДП) *i*-ї професії визначаємо за формулою:

$$\text{ДЗДП} = \text{ОЗДП} \times \text{НДО} / 100$$

де - НДО – норматив величини додаткової заробітної плати відносно основної, НДО – 21,0 %.

Відрахування єдиного соціального внеску із заробітної плати допоміжних працівників (ЄСВДП) визначаємо за формулою:

$$\text{ЄСВДП} = (\text{ОЗДП} + \text{ДЗДП}) \times \text{НЄСВ} / 100$$

Розраховані показники фонду заробітної плати допоміжних працівників відображено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Склад допоміжних працівників та розрахунок фонду їх оплати праці

Професія	ЧДП, чол	ДЧ, люд/год, (рік)	СОЧ, грн./год, (оклад)	ОЗДП, грн	ДЗДП, грн	ЄСВДП, грн	Всього з/п, грн
Слюсар по ремонту обслуговуванню обладнання	12	1987	84,24	2008618,56	703016,50	596559,71	3308194,77
Електромонтажник	9	1987	96,72	1729643,76	605375,32	513704,20	2848723,27
Транспортні працівники	12	11	10400	1372800	480480,00	407721,60	2261001,60
Комірник	9	11	8000	792000	277200,00	235224,00	1304424,00
Контролер	9	11	10400	1029600	360360,00	305791,20	1695751,20
Прибиральник виробничих приміщень	8	11	8000	704000	246400,00	209088,00	1159488,00
Комплектувальник виробничих складів	8	11	8000	704000	246400,00	209088,00	1159488,00
<b>ВСЬОГО</b>	<b>67</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>8340662,32</b>	<b>2919231,81</b>	<b>2477176,7</b>	<b>13737070,8</b>

Отже, всього фонд оплати праці допоміжних працівників складає 13737070,8 грн.

*Розрахунок фонду оплати праці керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП).*

Кількість керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) визначають за нормами чисельності, нормам керованості і обслуговування або у відсотках - від кількості основних виробничих працівників.

Штатний розпис прийнятих працівників та оклади встановлені згідно діючих на підприємстві норм організації та оплати праці. Додаткова заробітна плата складає 27 %.

Розраховані величини фонду заробітної плати керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) відображено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Склад керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) та розрахунок фонду їх оплати праці

Посада	ЧП, чол.	ДЧ, (рік)	СОЧ, (оклад)	ОЗП, грн	ДЗП, грн	ЄСП, грн	Всього з/п, грн
Начальник цеху	1	11	15372	169092,00	45654,84	47244,30	261991,14
Заст. начальника цеху з виробництва	1	11	13860	152460,00	41164,20	42597,32	236221,52
Начальник ТБ	1	11	13860	152460,00	41164,20	42597,32	236221,52
Начальник ПДБ	1	11	13860	152460,00	41164,20	42597,32	236221,52
Начальник БТЗ	1	11	13104	144144,00	38918,88	40273,83	223336,71
Начальник БТК	1	11	13104	144144,00	38918,88	40273,83	223336,71
Механік цеху	1	11	13104	144144,00	38918,88	40273,83	223336,71
Старший майстер	2	11	13104	288288,00	77837,76	80547,67	446673,43
Нормировщик	1	11	10800	118800,00	32076,00	33192,72	184068,72
Майстер	8	11	12312	1083456,00	292533,12	302717,61	1678706,73
Економіст	2	11	10800	237600,00	64152,00	66385,44	368137,44
Контрольний майстер	2	11	12312	270864,00	73133,28	75679,40	419676,68
Диспетчер	2	11	10800	237600,00	64152,00	66385,44	368137,44
Інженер-технолог	8	11	12312	1083456,00	292533,12	302717,61	1678706,73
Технік по інструменту	1	11	10800	118800,00	32076,00	33192,72	184068,72
Плановик	1	11	10800	118800,00	32076,00	33192,72	184068,72
Нормувальник	1	11	10800	118800,00	32076,00	33192,72	184068,72
<b>ВСЬОГО</b>	<b>35</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	4735368	1278549,36	1323061,82	7336979,179

Отже, всього фонд оплати праці керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) складає **7336979,179 грн.**

Провівши розрахунки фонду оплати праці у розрізі всіх категорій працівників проектного агрегатно-складального цеху з випуску проектного агрегату, результати річного загально цехового розміру фонду оплати праці занесямо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Річний фонд оплати праці працівників цеху агрегатно-складального цеху з випуску проектного агрегату

Назва категорії працівників	Кількість працівників, чол	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн	Відрахування ЄСВ, грн	Річний фонд оплати праці, грн
Основні виробничі працівники	221	<b>34673778,6</b>	<b>12135822,5</b>	<b>10298112,2</b>	<b>57107713,3</b>
Допоміжні працівники	67	8340662,32	2919231,81	2477176,7	13737070,8
Керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП)	35	4735368	1278549,36	1323061,82	7336979,179
<b>ВСЬОГО</b>	323	47749808,9	16333603,7	14098350,7	78181763,3

Отже, річний фонд оплати праці всіх працівників проектного цеху становить 78181763,3грн.

### 3.2 Визначення виробничої собівартості одиниці виробу проектного агрегату.

Витрати на сировину і матеріали (ВСМ) для одиниці виробу розраховуються за формулою:

$$ВСМ = НМ * ЦМ$$

де - НМ – маса матеріалів складальних деталей, (350,00 кг);

ЦМ – середня ціна матеріалів складальних деталей, (300 грн).

$$ВСМ = 350,00 \text{ кг} * 300 \text{ грн} = 105000,00 \text{ грн.}$$

Повернені відходи (ПВ) складального виробництва розраховуються за формулою:

$$ПВ = (НМ * (1 - КВМ/100)) * ЦМ * 0,1$$

де - КВМ – коефіцієнт використання матеріалів для складальних деталей, (95 %);

$$ПВ = (350,00 \text{ кг} * (1 - 95 / 100)) * 300 \text{ грн} * 0,1 = 22952,19 \text{ грн}$$

Основну заробітну плату виробничих працівників (ОЗВП 1 виробу) для 1-го виробу розраховують за формулою: ОЗВП = 398970 н/год \* 86,9 грн = 34673778,6 грн

$$ОЗВП 1 \text{ виробу} = Т * СВТС,$$

де - Т – трудомісткість складання виробу, (6138н/год);

СВТС – середня вартість тарифної ставки (86,9 грн).

$$ОЗВП 1 \text{ виробу} = 6138 \text{ н/год} * 86,9 \text{ грн} = 533392,25 \text{ грн.}$$

Далі знаходимо додаткову заробітну плату виробничих працівників для 1-го виробу за формулою:

$$\begin{aligned} \text{ДЗВП 1 виробу} &= \text{ОЗВП 1 виробу} \times \text{НДО}/100, \\ \text{ДЗВП 1 виробу} &= 533392,25 \text{ грн} * 35 \% / 100 = 186687,27 \text{ грн}. \end{aligned}$$

Далі розраховуються відрахування ЄСВ із заробітної плати основних виробничих працівників, які включається у собівартість 1-го виробу, за наступною формулою:

$$\begin{aligned} \text{ЄСВВП 1 вир} &= (\text{ОЗВП 1 виробу} + \text{ДЗВП 1 виробу}) \times \text{НЄСВ} / 100; \\ \text{ЄСВВП 1 виробу} &= (533392,25 \text{ грн} + 186687,27 \text{ грн}) * 22\% / 100 = 158417,50 \text{ грн} \end{aligned}$$

Отже, всього фонд оплати праці основних виробничих працівників на 1 виріб проектного агрегату складає 878497 грн.

#### *Розрахунок змінних загальновиробничих витрат.*

Змінні загальновиробничі витрати (ЗмВ), що припадають на заплановану річну програму випуску виробів включають в себе наступні елементи:

- витрати на допоміжні матеріали;
- витрати на силову енергію;
- внутрішньозаводське переміщення вантажів;
- обслуговування виробничого процесу і контроль за ним;
- оплату праці працівників, зайнятих на цих роботах;
- відрахування ЄСВ з заробітної плати цих категорій працівників;
- інші витрати, пов'язані з обслуговуванням і контролем виробничого процесу.

Визначимо змінні загальновиробничі витрати за формулою:

$$\text{ЗмЗВ} = \text{ОЗВП 1 виробу} * \text{НЗмЗВ}/100$$

де - НЗмЗВ - норматив змінних загальновиробничих витрат (80 %),

Отже,

$$\text{ЗмЗВ} = 533392,25 * 80 \% / 100 = 426713,8 \text{ грн}.$$

#### *Розрахунок постійних загальновиробничих витрат*

Постійні загальновиробничі витрати (ПсЗВ), що припадають на заплановану річну програму випуску виробів включають в себе наступні елементи:

- річні амортизаційні відрахування;
- утримання апарату управління;
- утримання будинків та інвентарю;
- витрати на випробування, досліди, дослідження, винаходи;
- заробітна плата відповідних категорій працівників;
- відрахування ЄСВ і заробітної плати цих працівників;
- інші витрати.

Визначимо постійні загальновиробничі витрати за формулою:

$$\text{ПсЗВ} = \text{ОЗВП 1 виробу} * \text{НПсЗВ}/100$$

де - НПсЗВ - норматив постійних загальновиробничих витрат (65 %),

Отже,

$$\text{ПсЗВ} = 533392,25 * 65 \% / 100 = 346705 \text{ грн}.$$

Витрати на підготовку і освоєння виробництва виробів (ВОВ) визначаємо за нормативом від основної заробітної плати основних виробничих працівників та витрат на матеріали для одиниці виробу за такою формулою:

$$\text{ВОВ} = (\text{ВСМ} + \text{ОЗВП 1 виробу}) * \text{НОП} / 100,$$

де - НОВ - норматив витрат на підготовку і освоєння виробництва (7 %),  
Отже,

$$\text{ВОВ} = (105000,00 + 533392,25) * 7 \% / 100 = 44687,5 \text{ грн.}$$

Виробничу собівартість (СВир) 1-го виробу розраховуємо за формулою:

$$\text{СВир} = \text{ВСМ} - \text{ПВ} + \text{ОЗВП 1 виробу} + \text{ДЗВП 1 виробу} + \text{ЄСВВП 1 виробу} + \text{ЗмЗВ} + \text{ПсЗВ} + \text{ВОВ}$$

$$\text{СВир} = 105000,00 - 9975,00 + 533392,25 + 186687,27 + 158417,50 + 426713,8 + 346705 + 44687,5 = 1791627,8 \text{ грн}$$

### 3.3 Визначення повної собівартості одиниці виробу проектованого агрегату

Повну собівартість (СПов) виробу розраховуємо за формулою:

$$\text{СПов} = \text{СВир} + \text{АВ} + \text{ВЗ},$$

де - АВ – адміністративні витрати підприємства,

ВЗ – витрати, пов'язані зі збутом виробу покупцям.

Адміністративні витрати розраховуються по нормативам (НАВ) від основної зарплати виробничих працівників за формулою:

$$\text{АВ} = \text{ОЗВР 1 виробу} * \text{НАВ} / 100,$$

де - НАВ – норматив адміністративних витрат, (8 %).

$$\text{АВ} = 533392,25 * 8 \% / 100 = 42671,38 \text{ грн}$$

Витрати, пов'язані зі збутом виробу розраховуємо за нормативом НС від виробничої собівартості виробу за формулою:

$$\text{ВЗ} = \text{СВир} * \text{НС} / 100,$$

де - НС – норматив витрат на збут, (1,5 %).

$$\text{ВЗ} = 1791627,8 * 1,5 \% / 100 = 26874,4 \text{ грн.}$$

Отже,

$$\text{СПов} = 1791627,8 + 42671,38 + 26874,4 = 1861173,58 \text{ грн.}$$

Розрахуємо податок на додану вартість (ПДВ) – приймаємо 20 % від виробничої собівартості виробу.

$$\text{ПДВ} = \text{СВир} * 20 \% / 100$$

Отже,

$$\text{ПДВ} = 1791627,8 * 20 \% / 100 = 358325,56 \text{ грн.}$$

Прибуток (ПР) розраховується на основі 25 % від виробничої собівартості виробу.

$$\text{ПР} = \text{СВир} * 25 \% / 100$$

$$\text{ПР} = 1791627,8 * 25 \% / 100 = 447907 \text{ грн.}$$

Далі для визначення повної собівартості виробу необхідно буде розрахувати планову оптову ціну на виріб (ЦВ) без податку на додану вартість.

$$\text{ЦВ} = \text{СПов} + \text{ПДВ} + \text{ПР.}$$

Отже,

$\text{ЦВ} = 1861173,58 + 447907 = 2309080,6$  грн  
 Розрахунок собівартості і призначення ціни наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Собівартість і ціна проектного агрегату

№ п/п	Найменування показників	Величина, грн
1	Витрати на сировину і матеріали	105000,00
2	Повернені відходи	9975,00
3	Основна зарплата виробничих працівників	533392,25
4	Додаткова зарплата виробничих працівників	186687,27
5	Відрахування до фонду ЄСВ із заробітної плати виробничих працівників	158417,50
6	Змінні загальнопромислові витрати	426713,8
7	Постійні загальнопромислові витрати	346705
8	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	44687,5
9	Разом: виробнича собівартість	1791627,8
10	Адміністративні витрати	42671,38
11	Витрати на збут	26874,4
12	Разом: повна собівартість	1861173,58
13	ПДВ (20 %)	358325,56
14	Прибуток (25 %)	447907
15	Ціна виробу (оптова): (ЦВ)	2309080,6

### 3.4 Визначення критичної програми випуску

Розмір критичної програми (РКП) річного обсягу випуску продукції - це мінімальний розмір програми випуску продукції за рік, при якому дохід від продажу НДР дорівнює витратам виробництва СЗП, тобто прибуток дорівнює нулю.

Визначимо розмір річних постійних витрат (РПОВ) за формулою:

$$\text{РПОВ} = (\text{ПсЗВ} + \text{АВ} + \text{ВЗ}) * \text{А},$$

де - А – програма випуску проектного агрегату (65 шт).

$$\text{РПОВ} = (346705 + 42671,38 + 26874,4) * 65 = 27056235,7 \text{ грн}$$

Визначимо суму змінних витрат ЗМВ за формулою:

$$\text{ЗМВ} = \text{СВир} - \text{ПсЗВ}.$$

$$\text{ЗМВ} = 1791627,8 - 346705 = 1444922,8 \text{ грн}$$

Визначаємо розмір критичної програми кількості випуску комплектів виробів аналітичним методом за формулою:

$$\text{РПК} = \text{РПОВ} / (\text{ЦВ} - \text{ЗМВ})$$

$$\text{РПК} = 27056235,7 / (2309080,6 - 1444922,8) = 31,3 \text{ шт}$$

- приймаємо 31 шт.

В точці беззбитковості (РДТБ) величина доходу буде наступною:

$$\text{РДТБ} = \text{ЦВ} * \text{РПК}$$

$$\text{РДТБ} = 2309080,6 * 31 = 71581498,6 \text{ грн.}$$



Графічно критичну програму виробництва визначаємо як проекцію точки перетинання двох прямих: річного доходу від реалізації РДР і річних витрат виробництва РВВ.

Річні постійні витрати РПоВ визначаємо за трьома видами витрат і множенням цієї суми на річний обсяг запуску у виробництво  $NЗ$ , заданий у вихідних даних для виробу:

$$\begin{aligned} \text{РПоВ} &= (\text{ПоВ} + \text{АВ} + \text{ВЗ}) \cdot \text{NB}, \\ \text{РПоВ} &= 1589867,10 + 24459,49 + 396879 = 2035019,23 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Далі будуємо лінію змінних витрат, що виходять із початку координат:

$$\text{ЗмВ} \cdot \text{NB} = 426713,8 \cdot \text{NB} \text{ грн.}$$

Змінні витрати  $\text{ЗмВ}$ , що припадають на один виріб, визначаємо вирахуванням з виробничої собівартості виробу  $\text{СВир}$  постійних загальновиробничих податків  $\text{ПоВ}$ :

$$\text{ЗмВ} = (\text{СВир} - \text{ПоВ}) \cdot \text{NB} = 1791627,8 - 1589867,10 = 201760,7 \text{ грн.} \cdot \text{NB}$$

Лінію річного доходу від реалізації РДР, яка також виходить із початку координат, визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} \text{РДР} &= \text{ЦВ} \cdot \text{NB}, \\ \text{де ЦВ} &\text{ – оптова ціна на виріб.} \\ \text{Тоді РДР} &= 2309080,6 \text{ NB грн. (3.34)} \end{aligned}$$

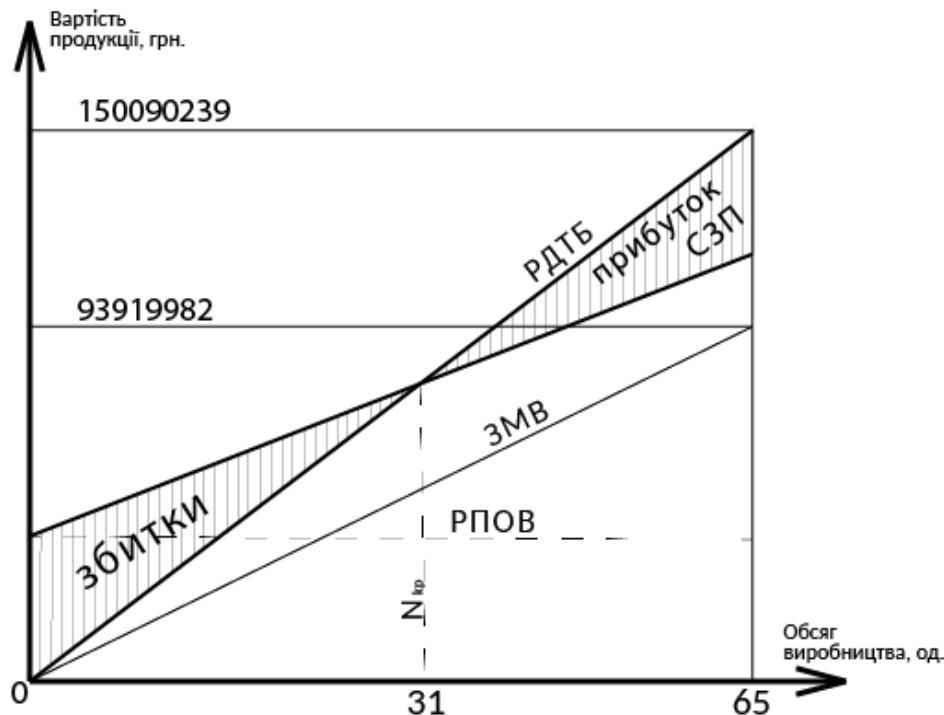


Рисунок 4.1 – Графік точки беззбитковості

Висновок: було проведено розрахунок собівартості складання проектового агрегату. В результаті розрахунку виробнича собівартість 1 виробу склала 1791627,8 гривень, ціна 1-го виробу - 2667406,16 гривень. Також був проведений аналітичний розрахунок критичної програми випуску проектового агрегату,

яка склала 31 шт. виробів, що було підтвержено графічно, при цьому дохід в точці беззбитковості складе 71581498,6 гривень.

### 3.5 Аналіз ринка сбуту

Авіаційна промисловість є одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасної української економіки

За експертними оцінками, розвиток нових проектів і вихід української техніки на міжнародні ринки стануть комерційно вигідними лише після початку серійного виробництва відповідних літаків. А отже, на даному етапі одним із можливих шляхів вирішення цього завдання є державне фінансування програм і держзамовлення на нову техніку (наприклад, для озброєння української армії).

Специфіка асортименту продукції українських авіазаводів, що історично склалася, виявляється в тому, що профільною продукцією для українських підприємств залишаються транспортні, а також пасажирські літаки для регіональних і середніх магістральних ліній. Це дозволяє українським виробникам розійтися по різних ринкових нішах з найбільшими світовими виробниками літаків. Однак саме ніша магістральних пасажирських лайнерів звичайно вважається найприбутковішою.

Незважаючи на відсутність активних дій компаній Boeing і Airbus на ринку регіональних пасажирських літаків, конкурентна боротьба залишається дуже напруженою. Основними конкурентами для українських заводів канадські і бразильські виробники. Ринок регіональних перевезень, що швидко розвивається, сприяє активним діям гравців, одним із яких може стати Україна. Однак для успішної конкуренції на цьому ринку варто переглянути стратегії свого розвитку: падіння попиту на регіональні комерційні лайнери місткістю до 70 пасажирів – колись основна ринкова ніша Embraer і Bombardier – змушує компанії випускати більші літаки і ув'язуватися в гостру конкурентну боротьбу в сегменті 100-місних літаків, в якому разом з Embraer і Bombardier беруть участь Boeing і Airbus. Таким чином, даний сегмент стане полем боротьби усіх провідних авіабудівних корпорацій, а отже, для нього буде характерна особливо гостра конкуренція.

Однією з переваг України при виведенні своїх літаків на зовнішні ринки має стати розгалужена мережа підприємств, що займаються сервісним обслуговуванням і післягарантійним ремонтом літаків. Розташування цих заводів має стимулювати продажі наших літаків на віддалених ринках Південної Америки, Африки, Австралії. Саме розміщення своїх сервісних підприємств у країнах експлуатації техніки, максимальна їх близькість до покупців мають усунути деяку слабкість конкурентних позицій України на ринку регіональних і середньо-магістральних літаків [14].

Одним із найперспективніших на даний момент проєктів для вітчизняного авіабудування є виробництво регіональних реактивних літаків Ан-148, розроблених АНТК «Антонов» спільно з підприємствами України, інших держав. Нове сімейство літаків призначено для пасажирських, вантажопасажирських і вантажних перевезень на повітряних регіональних трасах. Літак прийде на зміну машинам Ан-24, Ан-26, Як-40, Як-42 і Ту-134, строк експлуатації яких закінчується через 7-10 років. Потреба в Ан-148 в країнах СНД оцінюється в 400-500 одиниць.

Конкуренцію Ан складають канадський CRJ-700, бразильські Embraer 170 і 190. Головна відмінність нового Ан-148 в тому, що це єдиний регіональний реактивний літак, здатний вже в найближчий час вийти на лінії. Також слід зазначити вищі вимоги іноземних машин до якості використовуваних аеродромів.

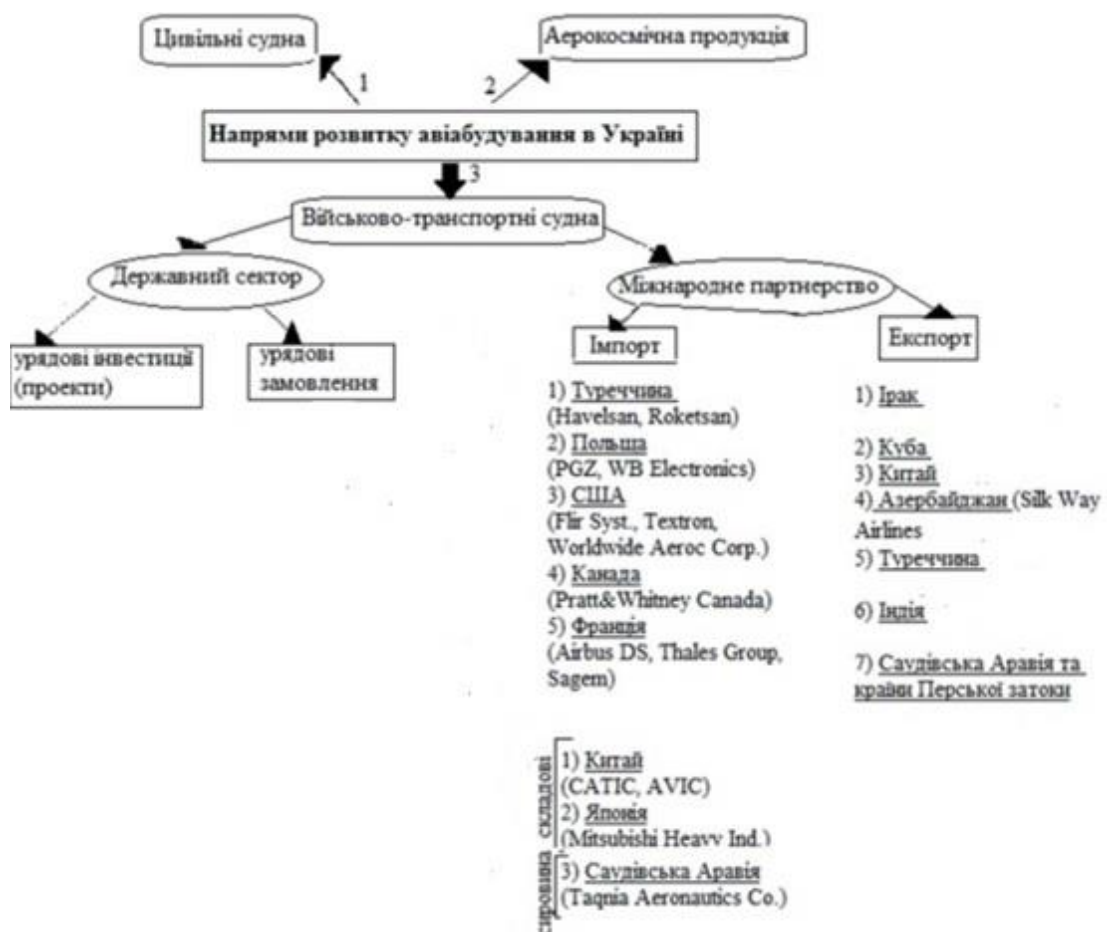


Рисунок 3.1 - Співробітництво ДП «Антонов» з потенційними міжнародними партнерами

Перспективними ринками літаків для українських виробників є країни Азії і Африки, в яких попит на дорогі, але не завжди якісніші американські і європейські літаки, залишається досить низьким. До таких країн, першу чергу, слід віднести Саудівську Аравію, Лівію, Єгипет, ОАЕ, Пакистан.

Варто зазначити, що така структура імпорту, як у випадку з експортом, викликана високою часткою поставок компонентів і комплектуючих в загальному обсязі торгівлі. Всі літаки українського виробництва є дітищем міжнародного співробітництва: Казахстан – протипожежне обладнання; в Азербайджан – елементи побутового обладнання, Німеччина і Франція закупаються частини електрообладнання, Швейцарія – крісла, США є постачальником систем GPS і TCAS.

### 3.6 Стратегія маркетингу

Для успішної реалізації продукції необхідно вибрати оптимальний метод просування товару на ринку, враховуючи економічну, політичну ситуацію на ринку в цілому і по відношенню до товару, так і до підприємства зокрема.

Щоб закріпитися на подібному ринку необхідно розробити правильну стратегію співробітництва з авіаційними компаніями, методи стимулювання продажів. Необхідно визначити, чи підприємство самостійно займатиметься просуванням і збутом свого товару на ринку, визначити сегменти ринку та обсяги продажів на них [15].



Рисунок 3.2 - Узагальнена стратегія диверсифікаційного зростання ДП «Антонов»

Сегментація ринку в літакобудуванні проводиться за географічним, соціально-економічним, психографічним, і поведінковим принципами. При поведінці сегментації ринку за групами споживачів потрібно ув'язати потреби покупців з проєктованим способом, а потім визначити ємності сегментів ринку.

Крім поведінки сегментації ринку за групами споживачів, можна проводити сегментацію ринку за продуктом. При цьому аналізуються також параметри того чи іншого виробу, які можуть бути привабливими для споживача, і наскільки наші конкуренти подбали про це. Сегментація ринку за продуктом має особливо важливе значення при висуванні нового товару на ринку. Необхідно визначити такі фактори:

- для яких груп споживачів призначений виріб;
- для яких цілей воно використовується;
- які параметри виробу мають ключові значення підвищення його конкурентоспроможності [16].

Щодо зовнішнього ринку стратегія маркетингу подвійного роду. У тих країнах, в яких були налагоджені відносини раніше, підприємство укладає договори безпосередньо, а на знову освоєваних ринках доцільно скористатися послугами посередників, що добре зарекомендували себе.

У контракт на поставку виробу вноситься 4 позиції:

1. Одиниця зміни ціни – це кількісна характеристика товару, залежна від характеру товару і світової практики.

2. Базис ціни – встановлюють, які витрати вкладаються в ціну товару і здійснюються за рахунок продавця, а які понад ціну – за рахунок покупця.

3. Валюта ціни – ціна може бути виражена у валюті країни імпортера, експортера або третьої сторони.

4. Спосіб фіксації цін – ціна визначається або відразу, або після укладення контракту.

Розрізняють 4 види цін:

- тверда ціна;
- рухома ціна;
- змінна ціна;
- ціна з подальшою фіксацією.

Для літака, товару з тривалим терміном виготовлення, використовується змінна ціна, яка нараховується на момент виконання контракту, шляхом перегляду базової ціни з урахуванням зміни у витратах виробництва за період виконання замовлень на товар.

Маркетинг виділяє 4 основні види цінової стратегії на ринку:

- стратегія високих цін;
- стратегія низьких цін;
- стратегія диференційованих цін;
- стратегія конкурентних цін.

#### **4. Спеціальний розділ**

## Адитивні технології в аерокосмічному виробництві. Стан і перспективи

Адитивні технології (Additive Technologies) – це узагальнена назва технологій виготовлення тривимірних (3D) виробів за їх комп'ютерними моделями шляхом послідовного додавання (нарощування) матеріалу. Свою назву (у буквальному перекладі з англійської – «додають») вони отримали від англійського слова «add» (додавати) – на противагу традиційним «вичитуючим», або субтрактивним, технологіям (Subtractive Technologies), які передбачають досягнення необхідної форми виробу шляхом видалення («віднімання») матеріалу із заготівлі в результаті її механічної, електроерозійної тощо. обробки. Адитивні технології зазвичай називають скорочено АМ технологіями (Additive Manufacturing – адитивне виробництво).

Ідеологія адитивного формоутворення об'єкта (моделі, прототипу або кінцевого виробу) базується на комп'ютерному автоматизованому 3D CAD проектуванні; комп'ютерній візуалізації; комп'ютерній оптимізації конструкції об'єкта виходячи з вимог дизайну, форми, функціональних властивостей; трансформації трикоординатної моделі в сукупність двовимірних пошарових моделей; можливості відтворення цієї сукупності пошарових моделей, тобто матеріалізації моделі як єдиного цілого, як фізичного твердотілого виробу або його прототипу.

Існує велика різноманітність технологій, які можна назвати адитивними. Їх об'єднує створення виробу не відділенням «зайвого» матеріалу від заготовки (як в традиційних «від'ємних» технологіях), а пошаровим або локальним «нарощуванням» шляхом додавання матеріалу. Образ виробу задається аналітично, кресленням, файлами комп'ютерних томографів або цифровими фотографіями. На цій основі створюється тривимірна математична модель конструкції об'єкта, яка оптимізується, а потім пошаровим нарощуванням різними способами матеріалізується, тобто створюється фізичний об'єкт.

### 4.1. Загальна схема реалізації адитивних технологій.

Існують різноманітні види АМ-технологій, проте всі вони реалізуються за загальною схемою, яку можна подати у вигляді наступної послідовності операцій:

- побудова 3D-моделі виробу в CAD-системі;
- експорт 3D-моделі в STL-файл;
- поділ 3D-моделі на горизонтальні перерізи (шари) за допомогою спеціальної програми-слайсера (інакше ця операція називається слайсингом);

- 3D-друк – пошаровий синтез натурального об'єкта (виробу) за даними CAD-моделі, що зчитується 3D-принтером з STL-файлу;
- фінішна обробка одержаного виробу (інакше ця операція називається постобробкою).

Пошаровий синтез здійснюється шляхом послідовного нанесення матеріалу шар за шаром, зазвичай знизу вгору. Кожен шар, що наноситься, за своїм перерізом збігається з відповідним шаром 3D-моделі. У процесі нанесення суміжні шари зв'язуються між собою різними способами (спіканням, сплавленням, склеюванням, полімеризацією), тому в результаті формується цілісний виріб.

#### 4.2 Класифікація видів адитивного виробництва

На сьогоднішній день відомо кілька десятків різновидів АМ-технологій, які різняться не тільки особливостями процесів створення 3D-виробів, але також особливостями конструкції та функціонування 3D-принтерів та властивостями вихідних будівельних матеріалів, що використовуються для побудови. Крім того, вони відрізняються своїми фірмовими назвами.

Можна виділити такі технології адитивного виробництва:

FDM (Fused deposition modeling) – пошарова побудова виробу із розплавленої пластикової нитки. Це найпоширеніший спосіб 3D-друку у світі, на основі якого працюють мільйони 3D-принтерів – від найдешевших до промислових систем тривимірного друку. FDM-принтери працюють з різними типами пластиків, найпопулярнішим і найдоступнішим з яких є ABS. Вироби із пластику відрізняються високою міцністю, гнучкістю, чудово підходять для тестування продукції, прототипування, а також виготовлення готових до експлуатації об'єктів. Найбільшим у світі виробником пластикових 3D-принтерів є американська компанія Stratasys.

SLM (Selective laser melting) – селективне сплавлення лазерних металевих порошків. Найпоширеніший метод 3D-друку металом. За допомогою цієї технології можна швидко виготовляти складні за геометрією металеві вироби, які за своїми якостями перевершують ливарне та прокатне виробництво. Основні виробники систем SLM-друку – німецькі компанії.

SLS (Selective laser sintering) – селективне лазерне плавлення (вирощування). За допомогою цієї технології можна отримувати великі вироби складних геометричних форм, зокрема, які неможливо отримати традиційними методами обробки металу; з різними фізичними властивостями (підвищена міцність, гнучкість, термостійкість та ін.). Найбільшим виробником SLS-принтерів є американський концерн 3D Systems.

SLA (скорочено від Stereolithography) – лазерна стереолітографія, затвердіння рідкого фотополімерного матеріалу під дією лазера.



Ця технологія адитивного цифрового виробництва орієнтована виготовлення високоточних виробів з різними властивостями. Найбільшим виробником SLA-принтерів є американський концерн 3D Systems. В окрему категорію варто внести технології швидкого прототипування. Це способи 3D-друку, призначені для отримання зразків для візуальної оцінки, тестування або майстер-модель для створення ливарних форм.

MJM (Multi-jet Modeling) - багатострумене моделювання за допомогою фотополімерного або воскового матеріалу. Ця технологія дозволяє виготовляти майстер-моделі для лиття, що випалюються або виплавляються, а також – прототиби різної продукції. Використовується в 3D принтерах серії ProJet компанії 3D Systems.

PolyJet – затвердіння рідкого фотополімеру під впливом ультрафіолетового випромінювання. Використовується в лінійці 3D принтерів Objet американської компанії Stratasys. Технологія використовується для отримання прототипів та майстер-моделей з гладкими поверхнями.

CJP (Color jet printing) – пошарове розподіл клеючої речовини по порошковому гіпсовому матеріалі. Технологія 3D-друку гіпсом використовують у 3D-принтерах серії ProJet x60 (раніше називалася ZPrinter). На сьогоднішній день це єдина промислова технологія повнокольорового 3D-друку. З її допомогою виготовляють яскраві барвисті прототиби продукції для тестування та презентацій, а також різноманітні сувеніри, архітектурні макети.

DMD (Direct Metal Deposition) – пряме чи безпосереднє осадження (матеріалу), тобто. безпосередньо в точку, куди підводиться енергія, і де відбувається зараз побудова фрагмента деталі. За допомогою цієї технології можливе створення великих виробів з кількох видів сплавів (виробів, що мають градієнтні властивості) – різні частини виробу мають різні показники, а також виробництво ремонту таких дорогих компонентів як лопатки турбін авіадвигунів.

### **4.3 Основні особливості ринку адитивних технологій**

Прогнозування розвитку АМ-технологій здійснюється, виходячи з результатів аналізу ринку цих технологій, який зазвичай проводиться спеціалізованими формами. Результати аналітичних досліджень дозволяють судити про можливі тенденції світового розвитку АМ технологій у найближчі роки. Результати аналізу показують, що серед різних видів АМ-технологій домінує FDM-технологія, за нею йдуть з помітним відривом SLA- та DLP-технології (рис 4.1). Таким чином, на перших місцях знаходяться АМ-технології виготовлення пластикових виробів. Далі розташовуються SLS-, SLM- і DMLS-технології, тобто. лазерно-порошкові АМ-технології.

Слід зазначити, що зазначені технології застосовуються компаніями переважно у межах вдосконалення власних виробництв. Водночас застосування ряду АМ-технологій (SLS, SLA, MJF, Polyjet, SLM, DMLS, BJ та ін.) значно розширюється завдяки аутсорсингу, тобто передачі однієї компанії на підставі договору певних видів чи функцій виробничої діяльності іншої компанії. АМ-технології використовуються в основному для розробки, створення та тестування прототипів та проведення наукових досліджень, хоча останніми роками вони знаходять все більше застосування для безпосереднього виготовлення готових виробів. Як правило, АМ-технології застосовуються у поєднанні з традиційними технологіями обробки матеріалів. До найбільш поширених технологій, що використовуються разом з АМ-технологіями на виробничих підприємствах, відносяться лазерне різання та ЧПУ-фрезерування.

АМ-технології відіграють важливу роль у бізнес-стратегіях, забезпечуючи в більшості випадків суттєві конкурентні переваги. Наслідком цього є підвищення інтересу до застосування адитивного виробництва в більшості підприємств, які неухильно збільшують інвестицій у 3D-друк.

Понад 50% компаній зазначають, що завдяки застосуванню АМ-технологій значно скорочується час виробництва, збільшуються темпи розроблення нових видів продукції. Для низки компаній 3D-друк перетворюється на основний вид діяльності. Водночас близько 10% компаній не можуть оцінити успішність використання 3D-друку.

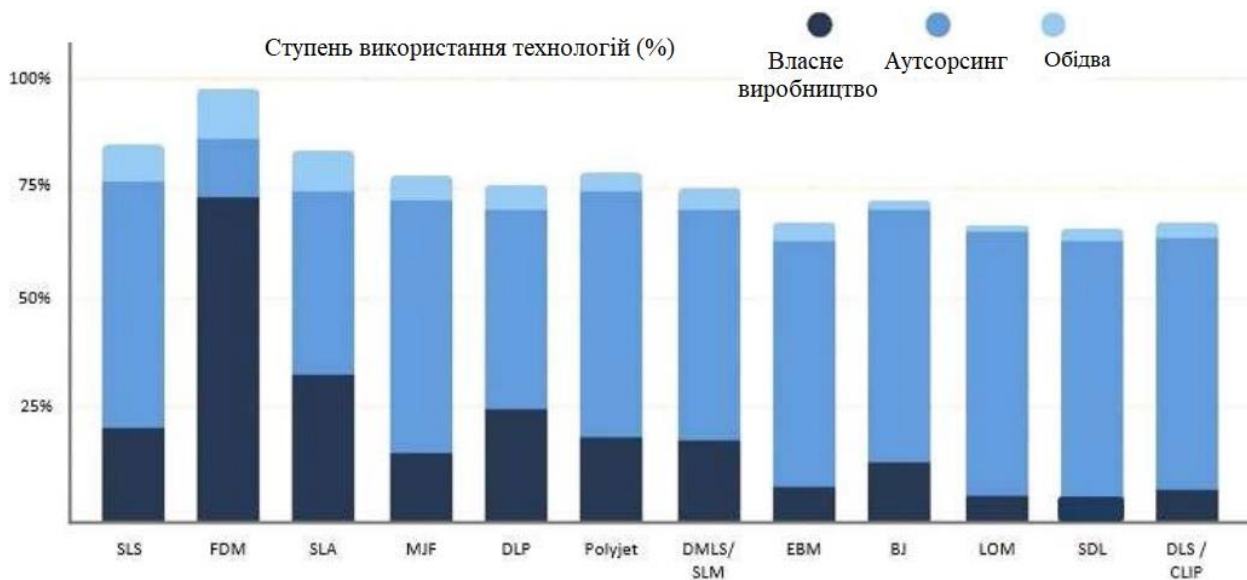


Рис. 4.1. Характер і ступень використання різних видів адитивних технологій

Вважається, що основними факторами, що стримують застосування АМ-технологій, є високий поріг входу (тобто великі витрати часу та фінансів, необхідні для того, щоб почати працювати самостійно); нестача знань про особливості 3D-друку; недостатня надійність існуючих АМ-технологій.

#### 4.4. Географія ринку адитивних технологій

АМ-технології у різних країнах розвиваються нерівномірно (рис. 14.2). В даний час основна частка у світовому розвитку цих технологій посідає кілька провідних індустріальних країн, серед них перше місце за масштабами їхнього освоєння займають США (рис. 4.2).

Очікується, що з часом географія ринку АМ-технологій буде розширюватися, вони будуть набувати все більшого поширення в всіх країнах світу, чому чимало сприятиме зниження вартості використовуваних для їх реалізації обладнання та матеріалів.

#### 4.5 Провідні учасники ринку адитивних технологій

Найбільші гравці ринку, а отже, і основні потужності, зосереджені в Північній Америці та Європі, проте найвищі темпи щорічного приросту останніми роками показував Азіатсько-Тихоокеанський регіон. Європа лідує в галузі адитивного виробництва металевих об'єктів, а Америка випереджає решту світу в адитивному виробництві полімерних об'єктів.

(рис. 4.3).

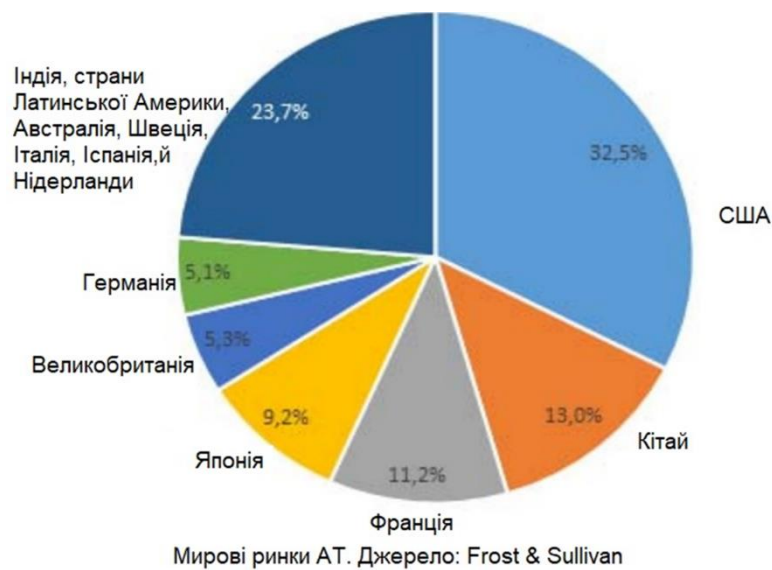
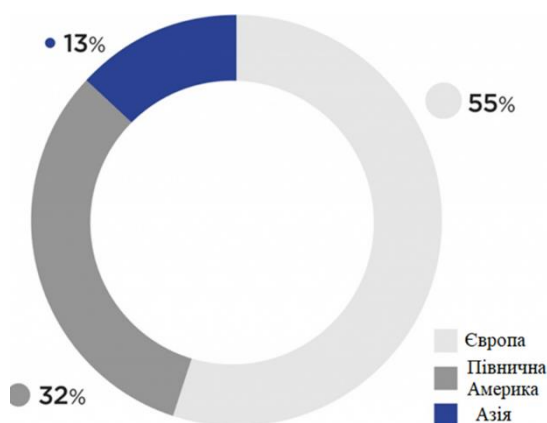


Рис. 4.2 - Мирові ринки АТ

Конкуренція на ринку 3D-друку зростає з кожним роком, особливо з приходом на нього китайських компаній. Проте старі гравці ринку продовжують утримувати свої позиції.

Штаб-квартири 29% всіх компаній ринку розташовуються на території США, значна частина представлена компаніями-лідерами, що сприяє зростанню кількості технологій та патентів. Друге місце займає Німеччина, на її території розташовано 24% компаній. Тим не менш, за загальною кількістю компаній, що

працюють на ринку адитивного виробництва, Європейський регіон займає позицію лідера - 55% компаній, Північна Америка - 32%, Азія - 13%.



Основні світові виробники адитивних технологій :

1. 3D Systems (США)
2. EOS Gmbh (Німеччина)
3. SLM Solutions (Німеччина)
4. Stratasys (США)
5. Objet Geometries (США-Ізраїль)
6. Envisiontec (США-Німеччина (DLP))
7. ExOne (США)
8. Voxeljet (Німеччина)
9. Arcam AB (Швеція)

Рис. 4.3 - Розподіл найбільших гравців ринку АТ у регіонах

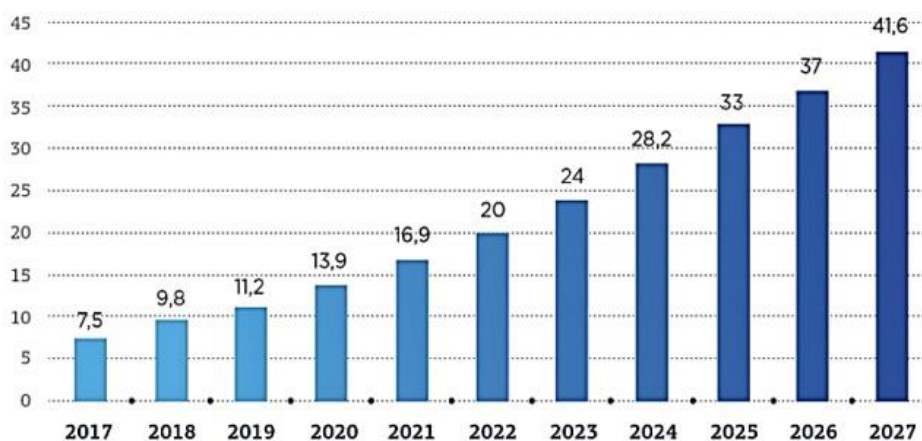
#### 4.6. Стан та прогноз світового ринку АТ

За прогнозами Global Data до 2025 р. глобальний ринок адитивних технологій становитиме 32 млрд дол., а до 2030 р. 60 млрд. (рис. 4.4.)

Frost & Sullivan прогнозує зростання ринка до 21,5 млрд дол до 2025 р.

Statista публікує оцінку 40,8 млрд дол. до 2024 року.

Fortune Business Insights очікує, що ринок досягне 51,8 млрд дол. до 2026 року.



Стан та прогноз обсягу світового ринку АТ, млрд дол.

Джерело: Exponential technologies in manufacturing

Рис. 4.4 - Стан та прогноз світового ринку АТ

Ринок адитивних технологій складається з сегментів обладнання, матеріалів, послуг та ПЗ (рис. 4.5.):

- Устаткування для 3D-друку – серійне виготовлення верстатів та комплектуючих.

- Матеріали для 3D-друку – універсальні порошки, у т.ч. для відповідальних виробів.

- ПЗ для 3D-друку – єдина цифрова платформа для розробки та виробництва обладнання, матеріалів, послуг та ПЗ:
- Устаткування для 3D-друку – серійне виготовлення • Послуги 3D-друку – комплексна пропозиція щодо аутсорсингу виробів.

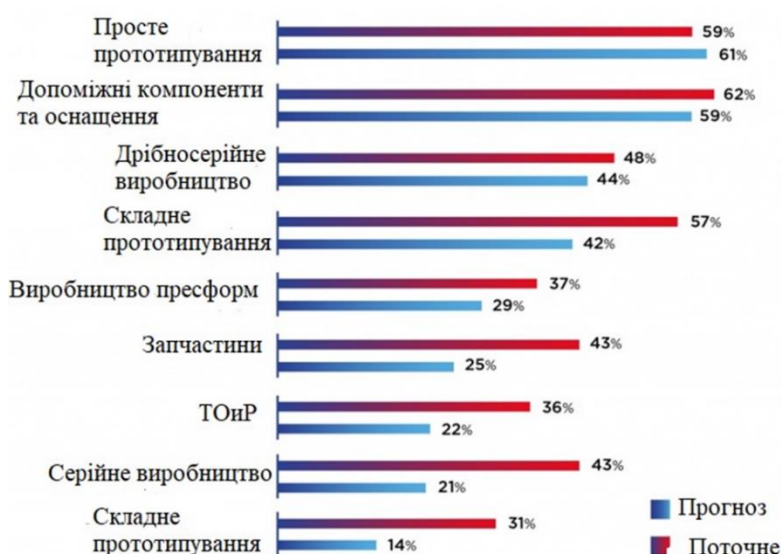
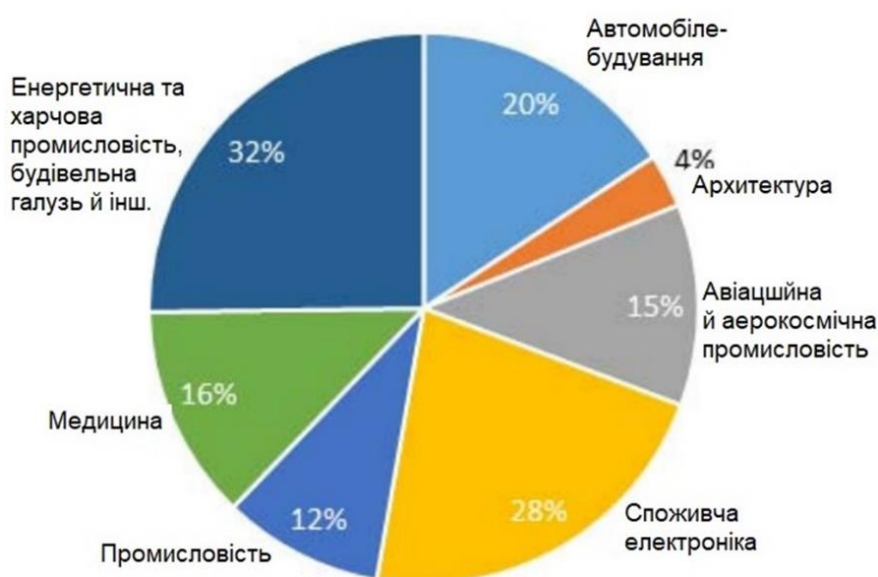


Рис. 4.5 - Поточне застосування / очікуване в майбутньому застосування Джерело: Dimensional Research

Основний оборот галузі дають послуги, швидко зростають сегменти продажу матеріалів та обладнання. За прогнозами світових експертів, світовий ринок АТ до 2027 року досягне показника в 41,6 млрд дол., високий попит матимуть саме послуги 3D-друку

#### 4.7. Ринки АТ (рис. 4.6, 4.7, 4.8).



Галузеві ринки АТ. Джерело: Frost & Sullivan

Джерело: Frost & Sullivan

Рис. 4.6 - Ринки АТ за галузями





Рис. 4.7 - Рівень впровадження 3-Ддруку по галузях до 2025 року  
Джерело: *Global Additive Manufacturing Market, Forecast to*

В 2025 р. до 51% ринка буде припадати на авіаційну промисловість, сферу охорони здоров'я та автомобілебудування



Рис. 4.8 - Динаміка та прогноз загального ринку АТ за галузями застосування

#### 4.8 Огляд світового ринку аерокосмічного адитивного виробництва

Обсяг світового ринку аерокосмічного виробництва у 2022 році оцінювався в 6,9 мільярда доларів США. (рис.4.9). Прогнозується, що галузь ринку аерокосмічного адитивного виробництва зросте з 8,29 доларів США у 2023 році до 36,25 доларів США до 2032 року, демонструючи сукупний річний темп зростання (CAGR) 20,24% протягом прогнозованого періоду (2023-2032 роки). Збільшення використання адитивного виробництва в оборонній промисловості та збільшення кількості авіапасажирів є ключовими рушійними силами ринку, що сприяють зростанню ринку.

Сегментація ринку аерокосмічного адитивного виробництва за ознакою застосування включає конструкційні, моторні та інші. У 2022 році сегмент двигунів лідирував на ринку аерокосмічного адитивного виробництва за доходами, оскільки виробники оригінального обладнання (ОЕМ) літаків вкладають більше грошей у дослідження та розробки у відповідь на зростання попиту (рис. 4.10).

Сегментація ринку аерокосмічного адитивного виробництва за платформою включає космічні апарати, літальні апарати та безпілотні літальні апарати. Найбільший дохід принесла категорія космічних апаратів (70,5%).

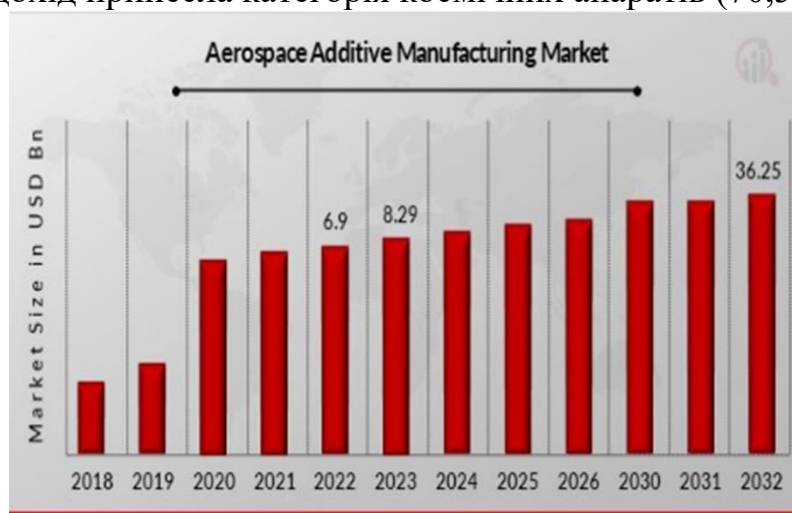


Рис. 4.9 - Прогноз зростання ринку аерокосмічного адитивного виробництва

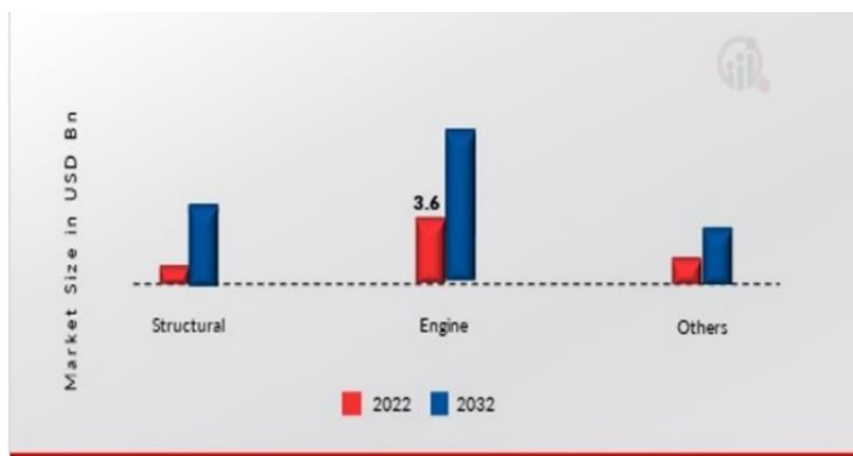


Рис. 4.10 - Прогноз зростання ринку аерокосмічного адитивного виробництва за ознакою застосування

Тому що все більше і більше компонентів апарату від двигунів до предметів інтер'єру, від повітропроводів до литих металевих деталей, створюються за допомогою адитивного виробництва.

Сегментація ринку аерокосмічного адитивного виробництва на основі технологій, включаючи лазерне спікання, 3-D друк, електронно-променеве плавлення, моделювання плавлення плавленням та стереолітографію. Очікується, що категорія моделювання плавленого осаджування розвиватиметься із середньорічним темпом зростання 20,24% протягом прогнозного періоду, складаючи найбільшу частину ринку, оскільки вона створює чудові компоненти міцності та стабільності, використовує широкий спектр термопластів і має високі геометричні структури

Сегментація ринку аерокосмічного адитивного виробництва за матеріалом включає пластик, гуму, металевий сплав та інші. Категорія з найбільшою часткою ринку – це металевий сплав який, як очікується, зростатиме найшвидше із середньорічним темпом зростання 20,24% протягом наступних кількох років. Оскільки металевий склад складається з більш ніж одного металу його твердість його твердість може бути значно збільшена

#### 4.9 Частка ринку аерокосмічного виробництва за регіонами (млрд дол США)

Європейський ринок аерокосмічного адитивного виробництва займає другу за величиною частку ринку, оскільки зростаючий інтерес до адитивного виробництва, збільшення інвестицій в авіаційну промисловість і придбання передового оборонного обладнання, що містить компоненти, надруковані на 3-D принтері, сприяють розширенню ринку Європі (рис. 4.11).

Північноамериканський ринок аерокосмічного адитивного виробництва домінуватиме на цьому ринку завдяки збільшенню інвестицій в авіаційну та оборонну промисловість. Крім того, зросли витрати на закупівлю передової військової техніки та процвітає авіаційна промисловість у цьому регіоні

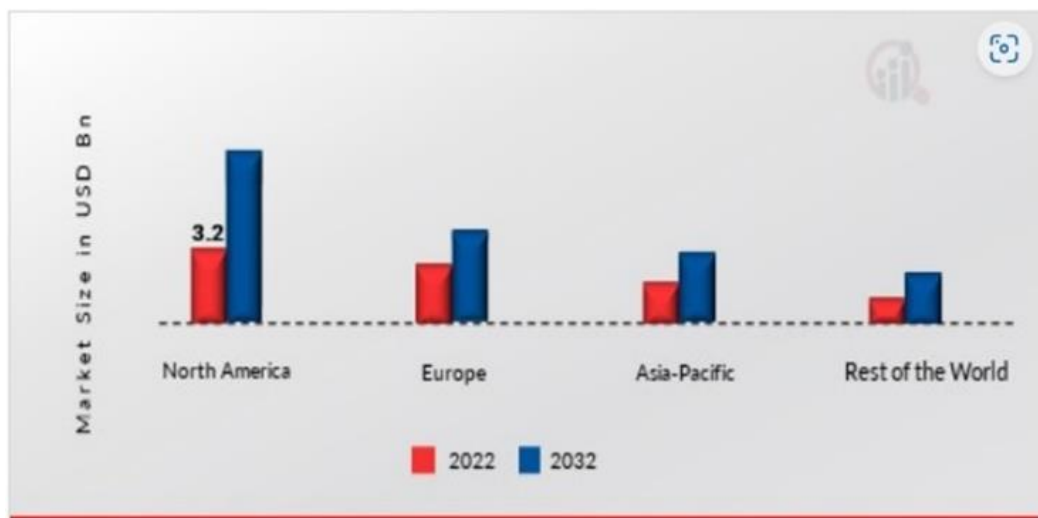


Рис. 4.11 - Частка ринку аерокосмічного виробництва за регіонами  
(млрд дол США)



Північноамериканський ринок аерокосмічного адитивного виробництва домінуватиме на цьому ринку завдяки збільшенню інвестицій в авіаційну та оборонну промисловість.. Крім того, зросли витрати на закупівлю передової військової техніки та процвітає авіаційна промисловість у цьому регіоні

Очікується, що ринок аерокосмічного адитивного виробництва в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні зростатиме найшвидшими темпами з 2023 по 2032 рік, Це пов'язано зі зростанням інвестицій у розробку легких компонентів для оборонної та аерокосмічної промисловості, які є рушійною силою цього розширення.

Крім того ринок аерокосмічного адитивного виробництва Китаю займає найбільшу частку ринку, а індійський ринок аерокосмічного адитивного виробництва був найбільш зростаючим ринком в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні

#### 4.10 Приклади використання АТ в аерокосмічному виробництві

Переваги 3D-друку для ракет

*Можливість швидкої ітерації*

«За допомогою адитиву ви можете пройти п'ять ітерацій дизайну, перш ніж отримати перші за допомогою традиційного методу, і всі п'ять разом коштують менше, ніж одна традиційна ітерація», — каже Скотт Кілліан, менеджер з розвитку аерокосмічного бізнесу EOS North America в інтерв'ю [engineering.com](http://engineering.com).

*Гнучкість дизайну*

3D-друк пропонує інженерам космічних кораблів гнучкість для створення складних форм і геометрій, недосяжних за допомогою звичайних процесів.

Камера згоряння, яка є важливим компонентом усіх ракетних двигунів, повинна витримувати середовище з високим тиском і температуру до 5,000°F (2760 °C), оскільки паливо змішується та запалюється всередині.



Рис. 4.12 - Камера згоряння надрукована на 3D-принтері

*Автор зображення: EOS]*

Для ефективної роботи цього компонента потрібні складні внутрішні охолоджувальні канали, заповнені газами, охолодженими менш ніж до 100°F (38°C) вище абсолютного нуля.

Традиційно ці охолоджувальні канали дуже складні і дорогі в розробці. Вони вимагають спеціального інструментарію для охолодження каналів з ЧПУ та пайки зовнішньої стінки камери. Потім ці окремі відрізки потрібно зварити в одне ціле.

3D-друк, з іншого боку, спрощує процес, дозволяючи виготовляти всю камеру безпосередньо. Крім того, це дозволяє створювати складні конструкції охолоджуючих каналів, як показано на зображенні вище, які було б неможливо обробити (рис. 4.12).

#### *Дешевші запчастини для ракет*

Вартість двигуна може становити до 40% вартості всієї ракети. Використовуючи 3D-друк для створення важливих деталей двигуна, виробники ракет можуть значно знизити загальні витрати на космічний корабель (рис. 4.13).



Рис. 4.13. -Двигун Резерфорда надрукований на 3D-принтері  
[Зображення: Rocket Lab]

3D-друк дозволяє інженерам оптимізувати виробництво компонентів ракетних двигунів, минаючи ряд етапів виробництва. Чим менше ступенів, тим менше потрібно обладнання і тонка настройка, що в кінцевому підсумку призводить до зниження собівартості продукції.

Крім того, автоматизація виробничого процесу за допомогою 3D-друку означає, що більшість витрат на оплату праці виключаються з рівняння.

Наприклад, британська аерокосмічна компанія Orbex, використала технологію SLM і нікелевий сплав для 3D-друку двигуна для своєї ракети-носія Prime (рис. 4.14). 3D-друк металу дозволив Orbex скоротити час виконання робіт на 90% і знизити витрати на 50% порівняно з більш традиційними виробничими процесами, такими як обробка з ЧПУ.



Рис. 4.14 - Ракетний двигун Orbex, надрукований на 3D-принтері  
[Зображення: Orbex]

#### *Спрощене складання*

За допомогою 3D-друку деталей ракети, виготовлених із кількох компонентів як єдине ціле можна значно скоротити кількість етапів у процесі складання..

Головка форсунки є одним з основних елементів силового модуля, який нагнітає паливну суміш в камеру згоряння.

Традиційно головки форсунок виготовляються з десятків або навіть сотень деталей, які потрібно обробити і зварити між собою. На відміну від цього, 3D-друк може виробляти такі компоненти як одну деталь (рис. 4.15).



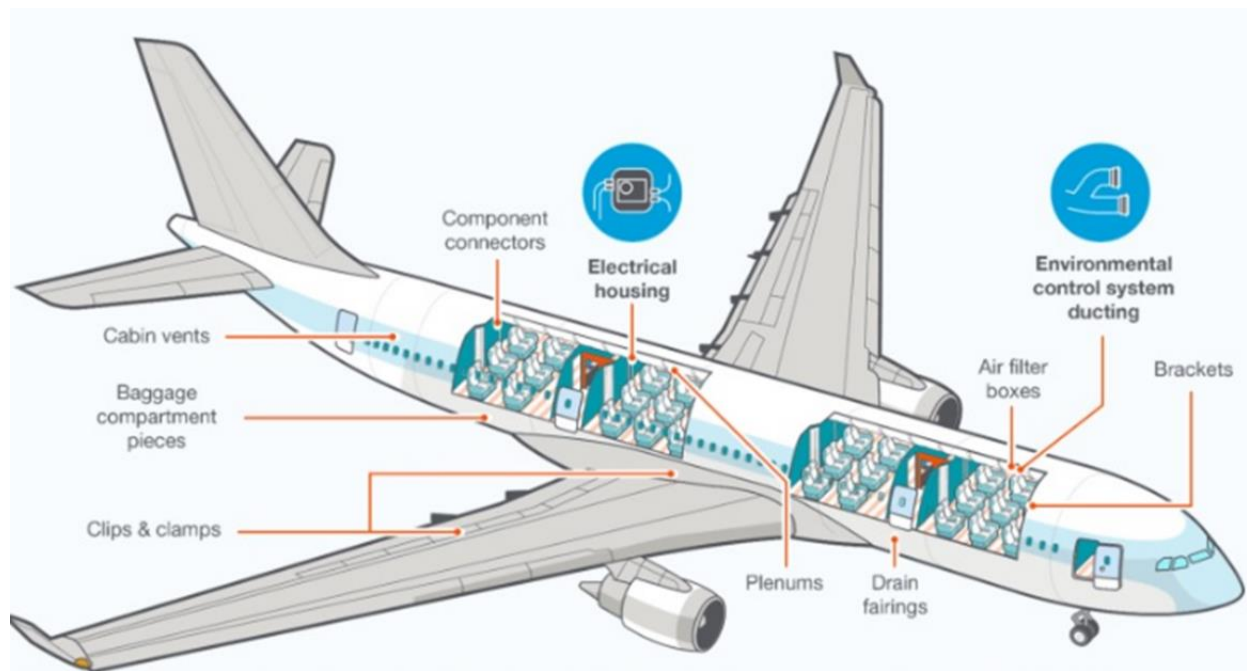
Рис. 4.15 - Надрукована на 3D-принтері головка інжектора для пускової установки Ariane 6 [Автор зображення: EOS]

За допомогою 3D-друку (DLR) створили нову конструкцію головки інжектора для невеликої супутникової ракети. В результаті: зменшена кількість компонентів з 30 до одного, монолітна деталь на 10% легше, усунені точки відмови

в місцях кріплення. Нарешті, зазначається, що нова, оптимізована конструкція покращує продуктивність деталі та подовжує термін служби деталі.

Аналогічним чином, фахівець з 3D-друку металу, компанія EOS, спростила складання головки інжектора для своєї пускової установки Ariane 6, розробленої Ariane Group, спільним підприємством Airbus Group і Safran. Використання технології SLM дозволило команді переробити головку інжектора як один компонент замість 248 компонентів, необхідних для традиційної конструкції. Додатковими перевагами були зниження витрат на 50% і втричі нижчі терміни виконання замовлень.

Stratasys використовує технологію FDM для виробництва понад 5 000 сертифікованих деталей для кабін літаків на сьогоднішній день (рис. 4.16).



*Stratasys виявила кілька застосувань для 3D-друку в салоні літака [Зображення: Stratasys]*

Рис. 4.16 - Застосування 3D друку в салоні літака

Одними з таких деталей є чохол, призначений для захисту контролерів сидінь, запобігаючи випадковому натисканню на кнопки пасажирами, кліп, щоб римати шторки літака, які занадто часто розпускалися, фіксатор рівня безпеки для аварійних дверей Boeing 787. го виробництва потребує спеціального аналізу.

Виробництво готової продукції для пасажирського салону з використанням технологій адитивного виробництва дійсно набирає обертів завдяки ULTEM 9085. Йдеться про вентиляційні ґрати, кришки панелей та інші деталі інтер'єру.



А за обшивкою літака та в нижній частині фюзеляжу знаходяться патрубки обігріву та охолодження, електророзподільні щитки та всілякі затискачі та скоби у специфічній конфігурації, необхідній конкретному виробнику (рис. 4.17, 4.18,)



Рис. 4.17 - Застосування 3D друку в салоні літака



Рис. 4.18 - Надрукована на 3D-принтері рамка телевизора, встановлена Etihad Airways на одному зі своїх літаків [Зображення: Etihad Engineering]

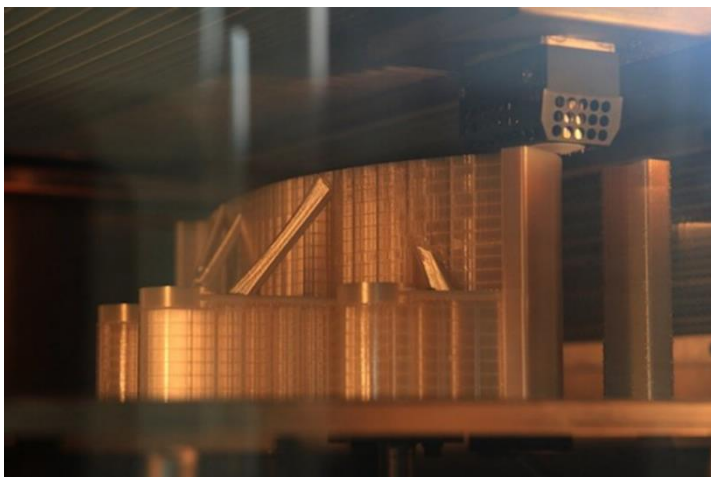


Рис. 4.19 - Панелі Airbus надруковані на 3D-принтері за допомогою сертифікованого адитивного виробництва Materialise

Компанія BigRep GmbH, один з провідних світових виробників широкоформатних промислових 3D-принтерів, спільно з Dassault Systèmes представили два надруковані на 3D-принтері сидіння літака

Надруковані прототипи сидінь у два рази легші за ті, якими обладнані літаки сьогодні. Таким чином, вони мають незаперечні переваги у застосуванні в авіапромисловості. Крім того, інші деталі інтер'єру літака можуть бути виготовлені на 3D-принтері. Тим самим, 3D-друк та платформа 3D Experience відіграють ключову роль у дизайні.



Рис. 4.20 - Два сидіння для літака надруковані на принтері BigRep



Рис. 4.21 - Безпілотний літальний апарат з деталями надрукованими 3D друком

Безпілотні літальні системи стають дедалі перспективнішими. Враховуючи їхню складність, дуже важливо оперативно виконувати конструктивні ітерації. І адитивне виробництво робить це можливо за рахунок САПР/АСУП (системи автоматизованого проектування/автоматизованої системи управління виробництвом). Можна створювати складні форми, які дуже важко чи навіть неможливо виготовити з використанням традиційних технологій (рис. 4.18).

#### 4.11 Прогнози розвитку АТ

Прогнози розвитку АТ торкаються всіх елементів даного виробництва:

- застосування гранул та порошкових матеріалів у 3D-друку дозволить відмовитися від використання трикутних та циліндричних форм при виготовленні виробів;
- застосування вуглецевого (графітового) волокна та металопорошків дозволить покращити механічні, хімічні та термічні характеристики виробів (зокрема, для нафтогазової та оборонної галузей);
- виробники систем комп'ютерного проектування та моделювання (CAD, CAE) ведуть розробки рішень для 3D-друку, які дозволять знизити похибку при виготовленні виробів та підвищити точність виробництва;
- оптимізація характеристик та розвиток АТ дозволить підвищити точність, швидкість та якість 3D-друку. До 2020 р. швидкість роботи 3D-принтерів збільшиться вдвічі;
- одним із ключових напрямків розвитку сервісних послуг на ринку 3D-друку стане лізинг 3D-принтерів;
- розвиток отримає виробництво 3D-принтерів, що дозволяють створювати великогабаритні вироби з високою точністю;
- матеріал «графен», відомий своїми фізичними та електричними властивостями, застосовуватиметься для виробництва металевих жил (волокон) та елементів живлення.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Конструкція конкретного типу повітряного судна. Літак Ан-140 : навчальний посібник. / С. С. Юцкевич. - Київ : НАУ, 2013. - 160 с.
2. Проектування деталей, вузлів і агрегатів літака: Навчальний посібник з лабораторного практикуму/Л. А. Малащенко, В. І. Рябков, А. А. Кобилянський, О. Г. Лебединський, -Харків: Харків: Харк.авіац.інс-т, 1987. - 86 с.
3. Технологія виробництва літальних апаратів : підручник. У 2 кн. Кн. 1. Технологія виробництва деталей ЛА / І. А. Гриценко, К. А. Животовська, О. В. Мамлюк, Ю. М. Терещенко ; за ред. Ю. М. Терещенка. – Київ : Вища освіта, 2004. – 448 с.
4. ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT).
5. Технологія виробництва літальних апаратів: Підручник: У 2 кн. - Кн. 2. Технологія складання літальних апаратів / Ю.М. Терещенко, Л.Г. Волянська, К.А. Животовська та ін.; За ред. Ю.М. Терещенка. - К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. - 492 с.
6. Заготівельно-обробні технології у виробництві аерокосмічних літальних апаратів: навч.посіб. ч. 1 / Г.Ф. Арістов, О.В. Гайдачук, В.М. Кобрін, В.В. Сухов, І.Г. Федосенко, Г.О. Шестаков. Під ред. д-ра техн.наук, професора В.М. Кобріна. - Харків-Київ: Держ. аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського "Харк.авіац.інт", Український науково-дослідний інститут авіаційної технології, 1999. - 220 с.
7. Заготівельно-обробні технології у виробництві аерокосмічних літальних апаратів: навч.посіб. ч. 2 / Г.Ф. Арістов, Т.І. Глебов, В.М. Кобрін, В.В. Сухов, І.Г. Федосенко, Г.О. Шестаков. Під ред. д-ра техн.наук, професора В.М. Кобріна. - Харків-Київ: Держ.аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського "Харк.авіац.ін-т", Український науково-дослідний інститут авіаційної технології, 2001. - 310 с.
8. ДСТУ 2232-93. Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення. – Введ. 01.07.94. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 35 с.
9. Спеціальні технології, обладнання і оснащення авіаційного виробництва: навч. посіб. / В. В. Коллеров, Ю. В. Д'яченко, В. Т. Сікульський та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2017. – 72 с.
10. ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT). Чинний від 22.06.2009 р. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – VII, 26 с
11. Норми тривалості робочого часу на 2023 рік [Електронний ресурс]. URL: <https://services.dtki.ua/catalogues/worktime/124> (дата звернення: 15.12.2023).
12. П.В.Круш, В.І.Подвігіна, Б.М.Сердюк та ін. Економіка підприємства: Навчальний посібник / за заг. ред. П.В.Круша. – К.: Ельга-Н, КНТ, 2007. – 780с.
- 13.Гірченко т.Д., Дубовик о.В. Маркетинг: Навчальний посібник. - Київ: Центр навчальної літератури, 2007. — 255 с
14. Гаєць Ш.О. Слюсаренко Ю.С. Оцінка та стратегічні напрямки розвитку авіабудування України // Стратегія розвитку України. Економіка, соціологія, право. -2014. –N1



15. Формування стратегії ДП «Антонов» на міжнародному ринку виробництва військової авіаційної техніки. // Формування ринкових відносин в Україні 9 (184) 2016

16. Маркетингові дослідження: навчальний посібник / Н.О. Мартинович, В.Г. Горник, Е.Б. Бойченко. Київ: «Видавництво Людмила», 2021. - 323 с

17. How the Aerospace Industry is Finding New 3D-Printing Use Cases for Old Aircraft Parts. URL: <https://www.aviationtoday.com/2020/11/30/aerospace-industry-finding-new-3d-printing-use-cases-old-aircraft-parts/>

18. Aerospace 3D printing applications. URL: <https://www.hubs.com/knowledge-base/aerospace-3d-printing-applications/>

19. How 3D printing is shaping the future of aircraft maintenance, repair & overhaul. URL: <https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/additive-manufacturing-aerospace-maintenance-repair/>

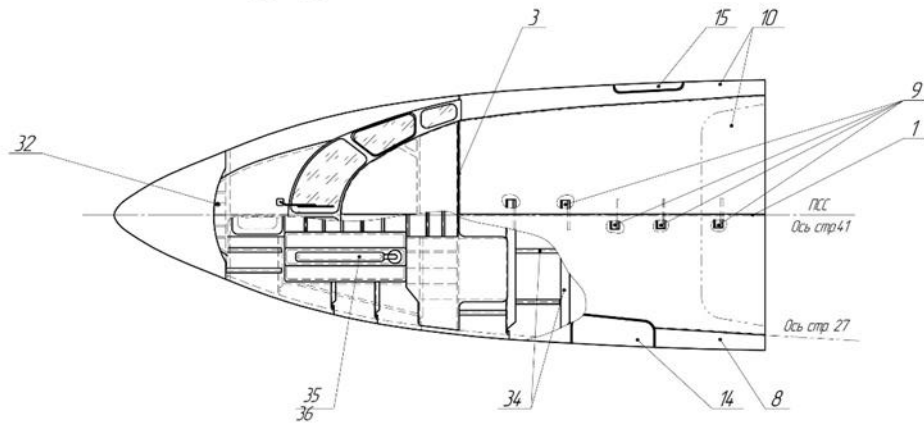
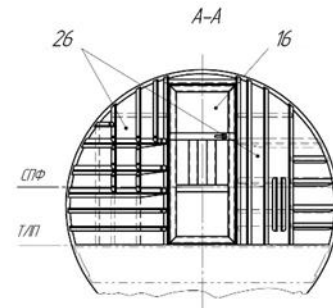
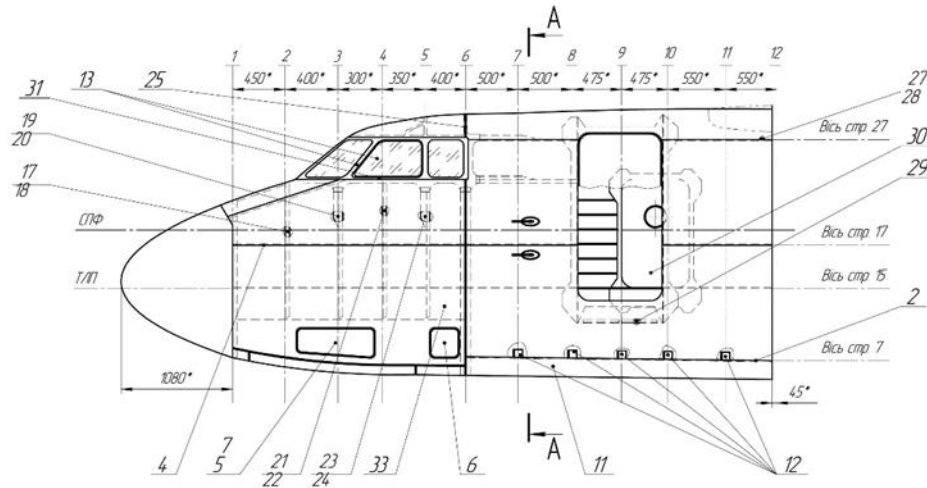
20. Aerospace 3D printing applications. URL: <https://www.hubs.com/knowledge-base/aerospace-3d-printing-applications/> (дата об'єднання: 15.04.2021)

21. Application Spotlight: 3D Printing for Aircraft Cabins. URL: <https://amfg.ai/2020/07/27/application-spotlight-3d-printing-for-aircraft-cabins/> (дата об'єднання: 14.04.2021).

22. Воробйов, Ю. А. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів [Текст] : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисоєв. – 4-те вид., випр. і доп. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.

## ДОДАТОК

ХАІ 104.163.230.8073235.001КХ



- Технічні умови
1. Теоретичне креслення 14.8.01.0080532.001П4
  2. \* - розміри для довідок
  3. Положи під полицями ліній-виноска для складання дзеркально-відбитих
  4. Вимоги до зовнішніх обводів та поверхонь 14.8.00.1101.0001.00001
  5. Вимоги на складання за інструкцією 14.8.00.0001.0001.00001
  6. Внутрішню поверхню збраного агрегату після герметизації фарбувати СМ-280
  7. Зовнішню обшивку анодувати з внутрішньої сторони, ґрунтувати
  8. Деталі виготовляти за шаблонами, знятими з пласта
  9. Герметична клітка з обов'язковим підписанням пакета набищо застосовувати т/Долти
  10. Теоретичні обводи та розбіжки шпангоутів з креслення загального вигляду
  11. Допускається підрубання торців стрингерів панелей для забезпечення їх нормальної установки у силівах шпангоутів не менше 2ї заклепки
  12. Допускається розбіжність осей заклепок з обводів шпангоутів з осей заклепок по С0, виконаних у стрингери та обшивці до 2мм

Лист 1 з 1  
 Лист 2 з 2  
 Лист 3 з 3  
 Лист 4 з 4  
 Лист 5 з 5  
 Лист 6 з 6  
 Лист 7 з 7  
 Лист 8 з 8  
 Лист 9 з 9  
 Лист 10 з 10  
 Лист 11 з 11  
 Лист 12 з 12  
 Лист 13 з 13  
 Лист 14 з 14  
 Лист 15 з 15  
 Лист 16 з 16  
 Лист 17 з 17  
 Лист 18 з 18  
 Лист 19 з 19  
 Лист 20 з 20  
 Лист 21 з 21  
 Лист 22 з 22  
 Лист 23 з 23  
 Лист 24 з 24  
 Лист 25 з 25  
 Лист 26 з 26  
 Лист 27 з 27  
 Лист 28 з 28  
 Лист 29 з 29  
 Лист 30 з 30  
 Лист 31 з 31  
 Лист 32 з 32  
 Лист 33 з 33  
 Лист 34 з 34  
 Лист 35 з 35  
 Лист 36 з 36  
 Лист 37 з 37  
 Лист 38 з 38  
 Лист 39 з 39  
 Лист 40 з 40  
 Лист 41 з 41  
 Лист 42 з 42  
 Лист 43 з 43  
 Лист 44 з 44  
 Лист 45 з 45  
 Лист 46 з 46  
 Лист 47 з 47  
 Лист 48 з 48  
 Лист 49 з 49  
 Лист 50 з 50  
 Лист 51 з 51  
 Лист 52 з 52  
 Лист 53 з 53  
 Лист 54 з 54  
 Лист 55 з 55  
 Лист 56 з 56  
 Лист 57 з 57  
 Лист 58 з 58  
 Лист 59 з 59  
 Лист 60 з 60  
 Лист 61 з 61  
 Лист 62 з 62  
 Лист 63 з 63  
 Лист 64 з 64  
 Лист 65 з 65  
 Лист 66 з 66  
 Лист 67 з 67  
 Лист 68 з 68  
 Лист 69 з 69  
 Лист 70 з 70  
 Лист 71 з 71  
 Лист 72 з 72  
 Лист 73 з 73  
 Лист 74 з 74  
 Лист 75 з 75  
 Лист 76 з 76  
 Лист 77 з 77  
 Лист 78 з 78  
 Лист 79 з 79  
 Лист 80 з 80  
 Лист 81 з 81  
 Лист 82 з 82  
 Лист 83 з 83  
 Лист 84 з 84  
 Лист 85 з 85  
 Лист 86 з 86  
 Лист 87 з 87  
 Лист 88 з 88  
 Лист 89 з 89  
 Лист 90 з 90  
 Лист 91 з 91  
 Лист 92 з 92  
 Лист 93 з 93  
 Лист 94 з 94  
 Лист 95 з 95  
 Лист 96 з 96  
 Лист 97 з 97  
 Лист 98 з 98  
 Лист 99 з 99  
 Лист 100 з 100

ХАІ 104.163.230.8073235.001КХ					
Лист	Масштаб	Масштаб	Лист	Масштаб	Масштаб
Видок Ф-1	957.7	1:20	Лист	Масштаб	Масштаб
(Складальне креслення)			Лист	Масштаб	Масштаб
ХАІ, гр 163			Лист	Масштаб	Масштаб
ХАІ, гр 163			Лист	Масштаб	Масштаб

Інв. № подл.			Підп. і дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підп. і дата		Спроб. №		Переб. приміт.		
Формат	Зона	Лист	Позначення			Найменування			Кіл.	Маса	Матеріал			Примітки	
						<i>Документація</i>									
A1			ХАІ.104.163.230.8073235.001СК			Відсік Ф-1				957,7					
						<i>Сбірні одиниці</i>									
		1				стик по стр.41			1	0,11					
		2				стик по стр.7			1	0,09					
		3				стик по шп.6 (верх)			1	2,684					
		4				стик по стр.17 між			1	0,337					
						шпангоутами 1-6 (лів./прав.)									
		5				установка кришки люка			1	2,094					
												<i>ХАІ.104.163.230.8073235.001</i>			
Взам.		Лист		№ докум.		Підп.		Дата							
Разроб.		Олефіренко А.В.										Лист		Листів	
Переб.		Гарноб О.М.										1		3	
Н.контр.												<i>ХАІ, зр.163</i>			
Утв.												<i>Відсік Ф-1</i>			
												<i>Копіював</i>		<i>Формат А4</i>	

Інв. № подл.		Підп. і дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підп. і дата		
Формат	Зона	Лист	Позначення		Найменування		Кіл.	Маса	Матеріал	Примітки
		6			установка люка		1	0,984		
		7			установка експлуатаційного люка		1	0,891		
		8			секція		1	98,496		
		9			стик шп-тов 8-11 (стр.41)		1	0,071		
		10			секція		1	86,291		
		11			панель нижня		1	35,46		
		12			стик шп-тов по стр.7		1	0,07		
		13			фонарь кабіни пілотів		1	28,966		
		14			двері вхідні передні		1	102,745		
		15			двері службові		1	41,839		
		16			установка двері в кабіну екіпажу		1	29,092		
		17			доковина шп-та 2		1	0,793		
		18			доковина шп-та 2		1	0,793		
		19			доковина шп-та 3		1	1,086		
		20			доковина шп-та 3		1	1,067		
		21			доковина шп-та 4		1	0,771		
		22			доковина шп-та 4		1	0,771		
		23			доковина шп-та 5		1	1,124		

ХАІ.104.163.230.8073235.001

Лист

2

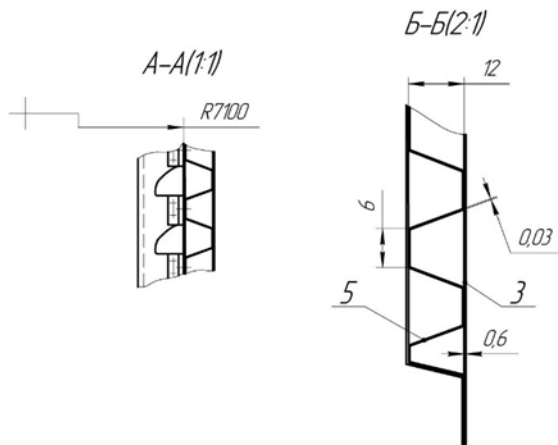
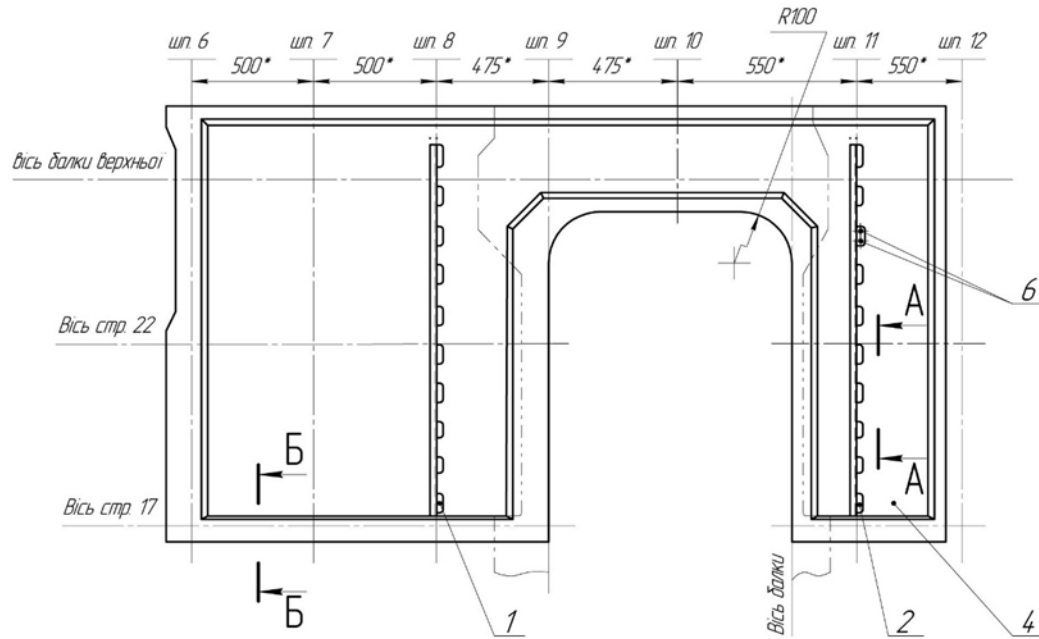
Ізм. / Лист № докум. Підп. Дата

Копіював

Формат А4

Інв. № подл.		Підп. і дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підп. і дата																															
Формат	Зона	Лист	Позначення		Найменування		Кіл.	Вага	Матеріал	Примітки																													
		24			доковина шп-та 5		1	1,124																															
		25			шпангоут 6 (верх)		1	5,09																															
		26			перезгородка по шп.7		1	28,598																															
		27			установка балок фонаря по стр.22, 27		1	0,847																															
		28			установка балок фонаря по стр.22, 27		1	0,697																															
		29			стінки під полом по лівому борту між шп.8 и 10		1	3,745																															
		30			трафарети Ф-1		1	0,007																															
		31			заділка по фонарю		1	0,658																															
		32			козирьок		1	10,62																															
		33			відсік пола кабіни пілотів		1	199,315																															
		34			пол службовий (каркас)		1	16,68																															
		35			площадки підпедальні		1	3,46																															
		36			площадки підпедальні		1	3,46																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>Взам.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Підп.</td> <td>Дата</td> <td colspan="4" style="text-align: center; font-size: 1.2em;">ХАІ.104.163.230.8073235.001</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="4"></td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> </table>																				Взам.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХАІ.104.163.230.8073235.001				Лист										3
Взам.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХАІ.104.163.230.8073235.001				Лист																														
									3																														

XAI.104.163.230.134.8073235.002CK



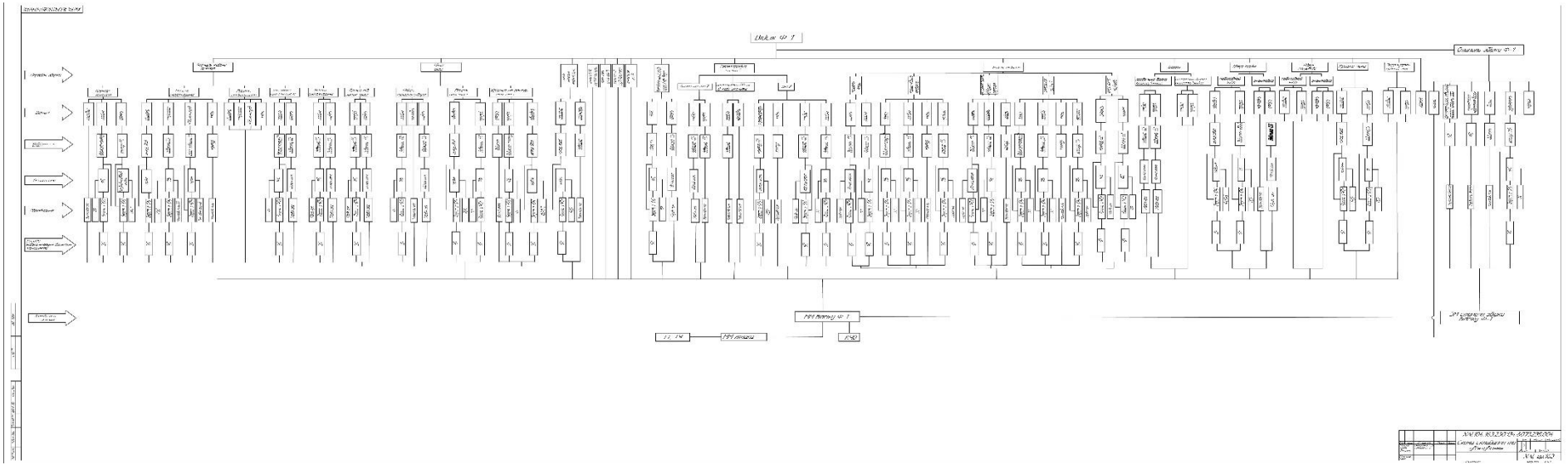
- 1 Ободві фрезеляжу та розбивка шпангоутів по 14.8.01.0080.532.00114
- 2 Форма та якість зовнішньої поверхні по 14.8.00.1101.001.00001
- 3 Невказані граничні відхилення розмірів по ОСТ1 00022-80
- 4 Деталі Б4 виготовляти за шаблонами із плаза
- 5 Шорсткість оброблених поверхонь дет.Б4  $\sqrt{0.3}$
- 6 Клепати по ТИЗ6-53-94.
- 7 Покриття головок заклепок: Грунт ЕП-0215, 4.70 ОСТ1 90055-85
- 8 Маркувати та таврувати по ОПИ63 фарбою на місцях, вільних від кріплення
- 9 Металізація по ОСТ1 01025-82 заклепками
- 10 \* - інформація для довідки
- 11 Зенкувати отв. під заклепки по АНУ 7100.001.000
- 12 Підготувати і захист місць металізації по ТИЗ6-8-91
- 13 Заповнювач кріпити до несучого шару за допомогою клею ВК-32-200

Лист 1  
Лист 2  
Лист 3  
Лист 4  
Лист 5  
Лист 6  
Лист 7  
Лист 8  
Лист 9  
Лист 10  
Лист 11  
Лист 12  
Лист 13  
Лист 14  
Лист 15  
Лист 16  
Лист 17  
Лист 18  
Лист 19  
Лист 20  
Лист 21  
Лист 22  
Лист 23  
Лист 24  
Лист 25  
Лист 26  
Лист 27  
Лист 28  
Лист 29  
Лист 30  
Лист 31  
Лист 32  
Лист 33  
Лист 34  
Лист 35  
Лист 36  
Лист 37  
Лист 38  
Лист 39  
Лист 40  
Лист 41  
Лист 42  
Лист 43  
Лист 44  
Лист 45  
Лист 46  
Лист 47  
Лист 48  
Лист 49  
Лист 50  
Лист 51  
Лист 52  
Лист 53  
Лист 54  
Лист 55  
Лист 56  
Лист 57  
Лист 58  
Лист 59  
Лист 60  
Лист 61  
Лист 62  
Лист 63  
Лист 64  
Лист 65  
Лист 66  
Лист 67  
Лист 68  
Лист 69  
Лист 70  
Лист 71  
Лист 72  
Лист 73  
Лист 74  
Лист 75  
Лист 76  
Лист 77  
Лист 78  
Лист 79  
Лист 80  
Лист 81  
Лист 82  
Лист 83  
Лист 84  
Лист 85  
Лист 86  
Лист 87  
Лист 88  
Лист 89  
Лист 90  
Лист 91  
Лист 92  
Лист 93  
Лист 94  
Лист 95  
Лист 96  
Лист 97  
Лист 98  
Лист 99  
Лист 100

XAI.104.163.230.134.8073235.002CK					
Лист	№ докум	Лист	Дата	Лит	Масса
Рисувач	Інгварко АВ			4	13,16
Гроби	Григор'юк				1,10
Інженер				Лист	Листів
Слід				XAI, зр.163	1
Копіювати				Формат А2	







8865070381618278 13/14

Класифікаційна категорія	Найменування операції	Амортизація	Продовжити	Кількість працівників	Шкідливі фактори	1 день		2 день		3 день		4 день		5 день		6 день		7 день		8 день			
						1 змкп	2 змкп	1 змкп	2 змкп	1 змкп	2 змкп	1 змкп	2 змкп	1 змкп	2 змкп	1 змкп	2 змкп	1 змкп	2 змкп	1 змкп	2 змкп	1 змкп	2 змкп
						2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4
1	1. Установка каркаса ямочки кабины в старель, скрепление ланчей гидравлики, гидравлики (Перевірка вкл) під уст-ку зовнішн з 100 ланчери	12	12	6	2																		
	2. Клепка панелей з каркасом ямочки	12	12	3	4																		
	3. Установка болтов ямочки на створ 22, 27 праб./леб. болтов підтримки болтов	30	30	6	5																		
	4. Установка болтов під зовнішн шассі, фітінгові необхідні створок, панелі на шассі, колесо на панелі на шассі	26	26	6	4																		
2	5. Сварочні-зварювальні дати під встановлення зовнішн	16	16	2	7																		
	6. Клепка панелі на каркасі з фітінгами	12	12	3	4																		
	7. Установка панелі підтримки болтов праб./леб. панелі на шассі-12, створ 11-27 лев./праб. (Сварочні-зварювальні дати у панелі)	48	48	6	8																		
3	8. Установка панелі мильної шп-6 шпс-12 панелі на шпс-12 створ 7-17 праб./леб. (Сварочні-зварювальні дати у панелі на 16) панелі мильної	42	42	6	7																		
	9. Клепка панелі на створ 7, 17 шпс	15	15	3	5																		
	10. Установка болтов панелі шпс-12 (Перевірка вкл) під зовнішн	42	42	6	7																		
4	11. Клепка панелі болтов на створ 11, 27	12	12	3	4																		
	12. Установка болтов шпс 3, 4, 5 праб./леб. болтов (Сварочні вкл) під встановлення з зовнішн	30	30	6	5																		
	13. Клепка панелі з довідками	12	12	3	4																		
5	14. Установка болтов на шпс 7 окремий болтов встановити в каб. шассі шпс 7 (Сварочні вкл) під встановлення болтов на зовнішн	26	26	6	4																		
	15. Клепка-установка болтов кріплення болтов розетт і окремий болтов по шпс/установка	15	15	3	5																		
	16. Установка окремий болтов, каркаса підлоги підлоги під окремий болтов підлоги підлоги (Перевірка вкл) на окремий болтов підлоги підлоги (Сварочні вкл) на окремий болтов підлоги підлоги	48	48	6	8																		
6	17. Встановлення болтов кріплення каркаса підлоги/підлоги: по встановлення підлоги до болтов	12	12	3	4																		
	18. Встановлення підлоги на шпс-7 (Сварочні вкл) під уст-ку зовнішн	12	12	6	2																		
	19. Встановлення створки шпс лев./праб. (Сварочні вкл) під уст-ку болтов	25	25	5	5																		
7	20. Клепка-установка болтов кріплення створки на підлогу до каркаса	5	5	3	5																		
	21. Установка підлоги по окремий болтов	18	18	6	3																		
	22. Клепка шпс-леб на створ 11, 27, 41, 7	24	24	6	4																		
8	23. Встановлення болтов болтов	18	18	6	3																		
	24. Встановлення болтов болтов	18	18	6	3																		
	25. Встановлення болтов болтов	12	12	6	2																		
9	26. Встановлення болтов болтов	12	12	6	2																		
	27. Установка болтов болтов	12	12	6	2																		
	28. Установка болтов болтов	6	6	6	1																		

T=644

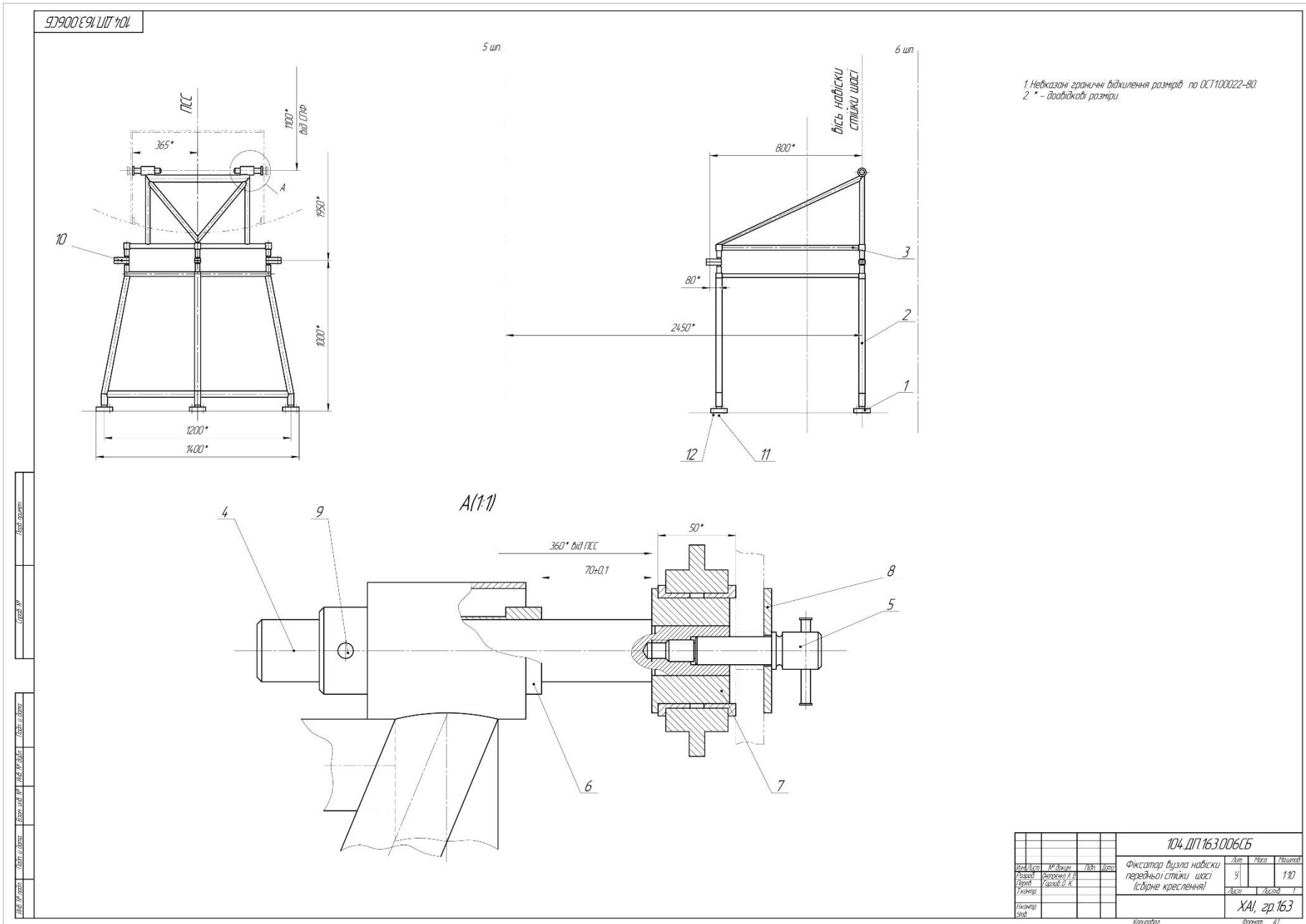
L=1174

ХАІ 104.163.230.134.8073235.008		№	№
Інформація про об'єкт		№	№
Специфікація об'єкта		№	№
ХАІ зр 163		№	№



Інв. № подл.			Підп. і дата		Взам. інв. №		Інв. № дцл.		Підп. і дата		Справ. №			Перв. примен.				
Формат	Зона	Поз.	Позначення			Найменування			Кіл.	Маса	Матеріал			Примітки				
						<u>Документація</u>												
			104.ДП.163.004			Станель сбірки Ф-1												
						<u>Сбірні одиниці</u>												
		1	104.ДП.163.004.001			Колона			6									
		2	104.ДП.163.004.002			Балка продольна верхня			4									
		3	104.ДП.163.004.003			Балка продольна середня			4									
		4	104.ДП.163.004.004			Балка нижня передня			2									
		5	104.ДП.163.004.005			Балка нижня задня			1									
		6	104.ДП.163.004.006			Балка поперечна			3									
104.ДП.163.004																		
Ізм.		Лист	№ докum.		Підп.		Дата		Станель сбірки Ф-1						Лист		Листів	
Розроб.		Онапрієнко А. В.													Лист		1	
Перев.		Горлов О. К.								ХАІ, зр.163								
Н.контр.																		
Утв.										Копіювал						Формат А4		





Інв. № подл.		Підп. і дата		Взам. інв. №		Інв. № дцл.		Підп. і дата		Справ. №		Перв. примін.			
Формат	Зона	Поз.	Позначення			Найменування			Кіл.	Маса	Матеріал		Примітки		
						<u>Документація</u>									
A1			104.ДП.163.005			Фіксатор вузла навіски передньої стійки шасі									
						<u>Сбірні одиниці</u>									
		1	04.ДП.163.005.001			Кронштейн			3						
		2	04.ДП.163.005.002			Основа фіксатора			1						
		3	04.ДП.163.005.003			Стійка			1						
		4	04.ДП.163.005.004			Фіксатор			2						
		5	04.ДП.163.005.005			Гвинт			2						
104.ДП.163.005															
Ізм.		Лист	№ док-м.		Підп.		Дата		Фіксатор вузла навіски передньої стійки шасі				Лист	Лист	Листів
Розроб.		Онопрієнко А. В.											1	2	
Перев.		Горлов О. К.						ХАІ, зр.163							
Н.контр.															
Утв.															

Копіював Формат А4

Інв. № подл.			Підп. і дата		Взам. інв. №		Інв. № дцдл.		Підп. і дата		
Формат	Зона	Поз.	Позначення		Найменування		Кіл.	Маса	Матеріал		Примітки
					<i>Деталі</i>						
		4	04.ДП.163.005.006		Втулка		2				
		7	04.ДП.163.005.007		Втулка		2				
		8	04.ДП.163.005.008		Шайба		2				
					<i>Стандартні вироби</i>						
		7			Штир ОСТ151269-72		2				
		10			Репер Н00-014-96.004		12				
		11			Штифт 8h6x25 ГОСТ 3128-70		3				
		12			Болт М12х30 ГОСТ 8-70		6				
104.ДП.163.005											Лист
Копировав											2
Формат А4											



ГОСТ 3.1105-84 форма 2

Додл.									
Взам.									
Подл.									

5 1

**ХАІ, К104**

ХАІ.104.ДП.163.11.03.000.СК

-

-

*Носова частина фюзеляжу літака типу Ан-148*

ДП

-

-

*Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет  
ім. М. Е. Жуковського "ХАІ"*

**ЗАТВЕРДЖУЮ***Керівник роботи Гарлов О.К.**(підпис)**(П.І.Б.)**" " \_\_\_\_\_ 2024 з.***КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ***на єдиний технологічний процес**складання носової частини фюзеляжу літака типу Ан-148**Розробив зодувач 163 гр. Оноприенко А. В.**(підпис)**(П.І.Б.)**" " \_\_\_\_\_ 2024 з.***ТЛ**

													ГОСТ 3.1118-82		форма 2				
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
													5	2					
Розроб.					<b>XAI, K104</b>														
Затверд.					Назва частина фюзеляжу літака типу Ан-148										ДП	-	-		
Нконтр.																			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції				Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Найменування деталі, зб.одиниці або матеріалу				Позначення, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.						
Р01					Обладнання, пристосування, інструмент				Розряд працівника			Норма часу	Характер норми						
02												година							
03	005 8800 Збірка				ПМ №249-78, ПМ №4, ИОТ №0104-02-03-94														
04																			
005	1 Підготувати стпель збірки носової частини фюзеляжу до виконання складальних робіт.													12					
006	Перевірити комплектність технологічної документації, підзбір, інструменту.																		
007	2. Установка на рубильники стпеля нижнього відсіку Ф-1 фіксація тех. кріпежем													4					
08	до уголків рубильників.																		
009	3. Установка ліхтаря кабіни пілотів на ложементх, що підводяться, фіксація на													2					
10	рубильниках тех. кріпежем.																		
011	4. Установка верху шп.5. Клепка з каркасом.													6					
12	5. Установка шп.4. Клепка по каркасу ліхтаря. Правий борт.													6					
013	6. Установка бокової верхньої панелі. Правий борт.													6					
014	7. Установка стикувального стрингера №15. Правий борт.													3					
15	8. Постановка на клей бічної верхньої панелі. Правий борт.													24					
МК/ОК													ЕТП збірки		2				

ГОСТ 31118-82 форма 18

Додл		Взам		Лист												5	
А		Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції				Позначення документа							
Б		Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тлз	Тшт.	
К/М		Найменування деталі, зб. одиниці або матеріалу				Позначення коду				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.			
Р01										Обладнання, пристосування, інструмент	Розряд працівника		Норма часу	Характер норми			
02												Година					
003		9. Клеєклепка бічної верхньої панелі по шп.5, стр.15, ліхтарю кабіни пілота, шп.4.												8			
04		Правий борт.															
005		10. Повторення операції №5-9 для бічної верхньої панелі. Лівий борт.												23			
006		11. Установка бічної підліхтарної панелі. Правий борт.												6			
007		12. Установка стикцвальних стрингерів №15. Правий борт.												3			
008		13. Постановка на клей бічної підліхтарної панелі. Правий борт.												24			
09		14. Клеєклепка бічної підліхтарної панелі по ліхтарю кабіни пілота, шп.1, стр.15												8			
010		шп.4. Правий борт															
011		15. Повторення операції №11-14 для бічної підліхтарної панелі. Лівий борт.												21			
012		16. Установка передньої підліхтарної панелі.												3			
013		17. Установка стикцвальних стрингерів 28А. Правий і лівий борт.												3			
014		18. Постановка на клей передньої підліхтарної панелі.												6			
15		19. Клеєклепка передньої підліхтарної панелі по шп.1 з ліхтарем кабіни пілота.												13			
016																	
МК/ОК		ЕТП збірки													3		



ГОСТ 3.1118-82 форма №

Додл.		Взам.		Подл.												5
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції				Позначення документа							
Б	Код, найменування, обладнання				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М	Найменування деталі, зб. одиниці або матеріалу				Позначення, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н,расх.		
Р01					Обладнання, пристосування, інструмент					Розряд працівника		Норма часу на один	Характер норми			
02												година				
003	33. Повторення операцій №32. Лівий борт.												3			
04	34. Фрезерування заклепок.												12			
005	35. Виїмка відсіку Ф- 1 і установка на ложементи. Внестапельные доопрацювання.												2			
006																
007																
008																
09																
010																
011																
012																
013																
014																
15																
016																
<b>МК/ОК</b>		<b>ЕТП збірки</b>													<b>5</b>	